www.radio.ru

12•2025

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

ИГРУШКА-ЖЕЗЛ "УЗОРЫ"

ISSN-0033-765X

25012

- Регулируемый стабилизатор тока
- Изолированный драйвер 1-Wire
- Отключаем автомобильное ЗУ
- Ремонт усилителя Pioneer

...и ещё 5 конструкций

12
2025

Подписка на электронную копию журнала "Радио" с доставкой по электронной почте на 2026 год, а также на 2012—2025 годы. Стоимость: 12 месяцев — 900 рублей. На сайте https://el.radio.ru Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный номер журнала 7 за 2011 год, в качестве примера.

При оплате подписки через банк ПАО "Сбербанк России" (мобильное интернет-приложение "Сбер", через интернет-сайт "СберБанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк России", оператора отделения банка "Сбербанк России") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.

22 31
десятилетие науки и технологий
7–10 апреля 2026
СВЯЗЬ
38-я международная выставка «Информационные и коммуникационные технологии»
Экспозиция «Навитех» — «Навигационные системы, технологии и услуги»
Россия, Москва, ВК «Тимирязев Центр»
www.sviaz-expo.ru
12+
Реклама
Expo Rating
Организатор
ЭКСПОЦЕНТР
Под патронатом
ТПП РФ
В рамках
Российская неделя высоких технологий
РНВТ

В НОМЕРЕ:

НАУКА И ТЕХНИКА 4

РАДИОПРИЁМ 8

ЗВУКОТЕХНИКА 19

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ 24

ИЗ ИСТОРИИ РАДИО 30

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 34

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 42

ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ 47

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 51

ИНФОРМАЦИЯ НАШИМ АВТОРАМ 38

А. ГОЛЫШКО. О вкусной и здоровой "пище" 4

Х. ЛОХНИ. Новый УВЧ-УПЧ для приёмников "Океан-209" и Selena 8

В. ШЕПТУХИН. Новости вещания 17

И. ГАВРИЛОВ. Ремонт усилителя Pioneer A-602R. Замена переключателя входов 19

Д. ПАНКРАТЬЕВ. Микросхема серии 74AC — драйвер для мощных ключевых МОП-транзисторов . . . 24

А. ЧЕЧНЕВ. Из истории отечественного телевидения 30

С. СЕМИХАТСКИЙ. Опыт разработки регулируемого стабилизатора тока + электронной нагрузки 34

А. ЮДИН. Полумостовой ИИП с резонансной коммутацией ключей и ШИ-регулированием 38

В. РУБАШКА. Драйвер шины 1-Wire с гальванической развязкой 42

О. ИЛЬИН. Селектор-формирователь импульсов заданной длительности для системы дистанционного управления моделями—2 44

С. ШИШКИН. Модуль отключения зарядного устройства для автомобильной аккумуляторной батареи 47

И. НЕЧАЕВ. Светодиодная гибкая нить в праздничных и новогодних украшениях 51

Д. МАМИЧЕВ. Игрушка-жезл "Узоры" на матрице 16×16 светодиодов WS2812B 54

Р. СЕРГЕЕНКО. Ответы на викторину "Платы расширения Seeed Studio" 57

Содержание журнала за 2025 год 60

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 7, 19, 42).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 33, 2-я и 3-я с. обложки).

На нашей обложке. Игрушка-жезл "Узоры" (см. статью на с. 54).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ГЕНЕРАТОР
ИГРА НА ЦВЕТНЫХ ДИСПЛЕЯХ
ИНДИКАТОРЫ ПУЛЬСА
ШАРМАНКА-2025

Тираж журнала «Радио» № 11 сдан для рассылки подписчикам 10.11.2025 г.

Dr.WEB®
Сделано в России

ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Dr.Web Security Space
защитит ваш цифровой МИР

Поддерживаемые ОС

Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга

Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО

Защита от уязвимостей программ

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях

Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения

Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств

Защита детей

Родительский контроль

- ✓ **Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО**
- ✓ **Круглосуточная техническая поддержка**
- ✓ **Бонус для покупателей — защита для Android**

Техподдержка компании «Доктор Веб»:
https://support.drweb.ru

Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:
https://www.drweb.ru/user/social

Сайты компании «Доктор Веб»:
https://антивирус.рф
https://drweb.ru

© ООО «Доктор Веб», 2021
125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный)
факс: +7 495 789-45-97

Издаётся с 1924 года

РАДИО®

12•2025

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ
Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ГЛИБИНА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-87-39
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.11.2025 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2025. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 02972-25 .

Dr.WEB

Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com
Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINeT

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571
E-mail:
info@rinet.ru
Сайт:
www.rinet.ru

О вкусной и здоровой "пище"

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Вам нужно быть немного циничными по отношению ко всему этому циклу хайпа в технологической индустрии".

Линдус Торвальдс

Каждая промышленная революция начиналась с открытия нового источника энергии, питаясь вначале от парового двигателя, потом электричеством и далее энергией атома. В Индустрии 4.0 таким новым источником энергии предложено считать собираемые по всей планете большие данные (Big Data), которые обрабатываются революционным искусственным интеллектом (ИИ). Однако при ближайшем рассмотрении оказывается, что с четвёртым источником энергии что-то не то, потому что революция в сфере ИИ также во многом зависит от всё тех же предыдущих источников энергии, напрочь отказываясь от питания исключительно данными, хоть и большими.

Тем не менее, вне зависимости от способа питания на первый план сегодня вышел ИИ, для обучения которого уже используются суперкомпьютеры, представляющие собой кластеры машин в виде объединения нескольких связанных между собой мощных серверов, функционирующих как единый вычислительный ресурс. Всё это могущество располагается в центрах обработки данных (ЦОДах) и невероятно быстро прогрессирует. Главное назначение ЦОДов — создание необходимой среды для размещения серверов, в том числе обеспечения постоянного охлаждения устройств, отвода лишнего тепла, защиты систем от негативного воздействия окружающей среды и, конечно, бесперебойного электроснабжения оборудования. ЦОДы, с одной стороны, сдают в аренду своё серверное оборудование, с другой — предоставляют услуги по обработке и управлению критически важной информацией. Чтобы моментально обрабатывать большие объёмы данных, ЦОДам нужна мощная инфраструктура и надёжный, бесперебойный доступ к энергии.

В последние годы вслед за ростом объёма больших данных стремительно увеличивается и количество ЦОДов. Объём рынка данных в мире растёт в среднем на 20 % в год, рынок ЦОДов в зависимости от региона — на 10...20 %, иногда на 30 % в год, как оценивают его в Ассоциации участников отрасли ЦОД. Объём вычислений постоянно увеличивается и требует более мощных процессоров и серверов.

Не так давно графический процессор Blackwell от Nvidia позволил более чем в 30 раз увеличить производительность ИИ. Тем не менее, даже самая революционная скорость имеет свои пределы, если для её обеспечения недостаточно средств (в данном случае энергии), а

наблюдаемый взрывной рост ИИ вскоре может упереться в "стену" энергетического дефицита.

Тем временем каждый ЦОД стабильно потребляет немало электричества. Причём порой даже больше, чем, например, алюминиевый завод. К слову, когда более 20 лет назад Google активно развивал свои серверные мощности, он выкупил алюминиевый завод в Аризоне и, выкинув оттуда оборудование, установил десятки тысяч серверов. И всё это — из-за подведённых электроэнергетических мощностей.

Пока на Северную и Южную Америки приходится чуть более 50 % мощности, измеряемой по потреблению электроэнергии, на Азию приходится чуть менее 30 %, а на Европу, Ближний Восток и Африку — оставшиеся 20 %. В США с 2018 г. по 2023 г. потребление электроэнергии ЦОДами поднялось почти на 80 % — с 73 ТВт•ч до 130 ТВт•ч.

Ныне мировые центры обработки данных (ЦОД) уже потребляют более 1 % всей электроэнергии планеты. Прогнозируется, что к 2028 г. спрос на ИИ, а соответственно и на питание для него, утроится. В США спрос на электроэнергию со стороны ЦОДов к концу этого десятилетия вырастет в четыре раза (по сравнению с 2023 г.). И это произойдёт не из-за майнинга биткойнов, не из-за электромобилей, а из-за развития генеративного ИИ и организации хранения облачных данных (для подпитки ИИ). Прогнозируемый в связи с этим показатель в 606 ТВт•ч спроса на электричество только на первый взгляд выглядит фантастикой. В общем, ЦОДы становятся самой энергоёмкой отраслью экономики.

Согласно данным исследования Grand View Research в 2024 г., объём глобального рынка систем питания для ЦОДов составил 20,21 млрд долл. Тем временем нагрузка на ЦОДы повышается на фоне стремительного развития ИИ и продолжающейся цифровой трансформации предприятий, которая сопровождается активным переносом рабочих процессов в облако. При этом даже незначительный сбой питания может привести к существенным финансовым потерям. Поэтому операторы ЦОДов инвестируют значительные средства в резервные системы электропитания и инструменты мониторинга потребления энергии в реальном времени для повышения надёжности. Наблюдается также соответствующий рост продаж резервных источников питания.

А тем временем ЦОДы требуют всё больше и больше электричества, необходимые объёмы которого не каждый регион мира может выработать как сегодня, так и в ближайшем будущем, и это серьёзная проблема. ЦОДы остаются очень энергоёмкими. Если для гражданского строительства мощность 5 МВт является значительной, то для крупных игроков рынка ЦОД минимальной является мощность в десять раз больше. ИТ-оборудование становится всё более энергоёмким: если раньше клиентам была достаточна мощность 5 кВт на стойку, то сейчас всё большее число клиентов просят мощности от 10 кВт на стойку.

К тому же, как говорят эксперты, инфраструктура, построенная для классических вычислительных сред, не может обеспечить необходимого электропитания и охлаждения для серверов нового поколения, поясняет эксперт. ЦОДы, спроектированные 5—10 лет назад, не имеют технологической возможности по размещению высоконагруженных платформ ИИ с потреблением до 50 кВт на стойку. Очевидно необходимо строить новые ЦОДы, которые ожидаемо будут иметь соответствующее потребление энергии.

В исследовании S&P Global Market Intelligence говорится, что в настоящее время в США расположено примерно 38 % действующих в мире ЦОДов. Однако уже сейчас потребность в дополнительной сетевой инфраструктуре привела к задержкам в сроках строительства ЦОДов на ключевых проектах, которые реализуются в Северной Вирджинии и Кремниевой долине. Как пишет издание The Economist, только по итогам прошлого года крупнейшие ИТ-корпорации США Alphabet, Amazon и Microsoft вложили в ЦОДы 180 млрд долл., а по данным Goldman Sachs, к концу года ИИ занимал в них десятую часть мощностей.

Компания American Electric Power Co. (AEP), одна из крупнейших энергетических компаний в стране, у которой есть клиенты в 11 штатах, недавно сообщила инвесторам, что у неё нет свободных мощностей для энергоснабжения новых ЦОДов.

В WoodMac были опубликованы данные, основанные на отчётах Минэнерго США, в которых предсказывается, что к 2050 г. мощности ядерной энергетики страны могут увеличиться в три раза, с нынешних 100 ГВт до 300 ГВт. Для сравнения: общая мощность всех АЭС мира составляет около 400 ГВт, а одна АЭС по классификации МАГАТЭ имеет мощность в среднем от 300 до 700 МВт. Конечно, это не отменяет наличия отдельных АЭС мощностью 3...4 ГВт и более, но в среднем в мире мощность одной такой электростанции не доходит даже до 1 ГВт. Это означает, что добавить к имеющимся атомным мощностям США 200 ГВт — задача грандиозная. И за ней во многом стоит развитие ИИ. Возможно ли построить такое число АЭС к 2050 г., покажет время. Однако в настоящее время американские политики и компании из сферы энергетики не анонсируют каких-либо масштабных программ в данной области. Есть лишь программа, которая должна добавить к 2035 г. дополнительно 35 ГВт новых мощностей АЭС. Но пока это на бумаге.

По данным Mckinsey, к 2030 г. спрос энергии для ЦОДов в Европе вырастет примерно до 35 ГВт. Кстати, по состоянию на конец 2024 г. объём потребления энергии для ЦОДов составлял 10 ГВт. Аналитики из Mckinsey уверены, что для удовлетворения нового спроса для ИТ-инфраструктуры потребуется 250...300 млрд долл. инвестиций, не считая затрат на установку дополнительных мощностей по производству электроэнергии. Причём АЭС в Европе, в отличие от цивилизованного мира, не строят, а закрывают. В связи с этим интересно, откуда в ЕС будут брать эту дополнительную энергию, учитывая, что сейчас ЕС с трудом справляется с оплатой сжиженного природного газа на спотовом рынке. А ведь газ — это самое простое решение для увеличения выработки электричества. Уголь и мазут — это страховка на чёрный день во избежание блэкаутов, хотя главенствующие в Европе экологи их "любят" не больше, чем АЭС.

При этом, если темпы внедрения ЦОДов сохранятся на текущих уровнях, потребление электроэнергии в Европе вырастет почти в три раза, примерно с 62 ТВт•ч сегодня до более чем 150 ТВт•ч к 2030 г. Так что в итоге?

"Каждый центр обработки данных будущего будет иметь ограниченное энергопотребление", — об этом весной 2025 г. человечество предупредил генеральный директор NVIDIA Дженсен Хуан. Поэтому прежде, чем заявлять о лидерстве в области ИИ над всем миром, неплохо бы иметь неограниченный источник питания.

Из всего сказанного выше следует:

— чем сильнее человечество увлекается ИИ, тем быстрее приближается к энергетическому кризису;

— уже в ближайшем будущем лидерами на рынке могут стать компании, занимающиеся решением указанных энергетических проблем;

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.

Декабрь 2025 год

— ЦОДам понадобится доступ к относительно дешёвой, надёжной и практически неограниченной энергии, которую вряд ли кто-нибудь сможет предоставить.

Ну а возобновляемая энергия с её зелёными источниками в ближайшее время вряд ли сможет заменить "пищу" для ИИ в мировой энергетике, что бы ни говорили на эту тему теоретики так называемой "Четвёртой промышленной революции". Заметим, что точно также трудно представить себе доменные печи и алюминиевые заводы, питаемые от ветряков и солнечных панелей. Рваная по времени генерация на основе возобновляемых источников энергии в лице солнечных панелей и полностью зависимых от ветра ветряков неспособна стабильно снабжать крупные информационные центры электроэнергией. Дело в том, что зависимость потребления энергии от времени практически любого ЦОДа — это ровная монотонная линия. Вот и получается, что самый лучший вариант генерации электричества для ЦОД — это АЭС.

Соответственно, на повестку дня вновь встаёт вопрос о ядерной энергии, мирном атоме и их роли в Индустрии 4.0. О том, что пока американцы навязывали остальному миру "зелёную повестку", их собственные разработки ИИ питались и продолжают питаться низкообогащённым ураном, свидетельствует следующее.

Если изобразить на карте США расположение крупнейших ЦОДов и АЭС, нетрудно убедиться, что есть АЭС — есть ЦОД. А если нет АЭС, о развитии ИИ можно только бла-бла-бла про "зелёную повестку". При этом, что важно, ЦОДы потребляют электроэнергию не только в очень больших объёмах, но и стабильно, то есть так, как, в свою очередь, любят атомщики.

Впрочем, не атомной энергией единой. В США быстрее и проще для питания ЦОДов можно было бы использовать газ, которого там достаточно. В свою очередь, в другом центре развития ИИ, Китае, быстро строят не только АЭС, газовые, но и угольные электростанции. При этом ведётся активная установка новых солнечных панелей и ветряков. То есть КНР старается грамотно балансировать при увеличении числа объектов, вырабатывающих электроэнергию.

Проблема для США и ЕС в том, что сегодня американцы и европейцы разучились строить атомные энергоблоки и АЭС в целом в разумные сроки и по разумным ценам. Это же относится и к японцам (Фукусима — лишь один из примеров). Получается, что построить АЭС быстро и дёшево могут только русские или китайцы. Нечто похожее имеет место и в случае с добычей и обогащением урана. При этом КНР в настоящее время строит АЭС и ЦОД буквально стахановскими темпами.

Многолетняя необдуманная политика и игры в зелёную энергетику бесследно не проходят. Свидетельство тому не только аппетиты ИИ, который нужно срочно чем-то напитывать, но и растущий энергетический кризис в самих США, где наблюдается дефицит АЭС. К тому же существующие американские атомные станции — одни из самых старых в мире, и, как считают некоторые специалисты, их было бы лучше просто снести, а не кормить ИИ ураном. Во всяком случае, это было бы безопаснее для всех.

Ну хорошо, пускай есть энергетический дефицит, но ведь всегда есть и нерациональное потребление. ЦОДы сталкиваются с различными проблемами в сфере энергетики, которые также связаны с неэффективным потреблением ресурсов и законодательными ограничениями.

Вот некоторые аспекты неэффективного потребления энергии в ЦОДах, с которыми приходится бороться их операторам:

— простаивание серверов — компании приобретают больше оборудования, чем требуется для обслуживания клиентов, и ресурсы оказываются не задействованы полностью;

— неэффективные системы охлаждения — традиционные кондиционеры и чиллеры потребляют много энергии, а альтернативные методы, такие как фрикулинг (использование наружного воздуха) или жидкостное охлаждение, менее эффективны;

— потери энергии, например, при подводе к нагрузке или в блоках питания ИТ-оборудования.

Учитывая сказанное выше, согласно прогнозам Marc Ganzi (DigitalBridge), проблемы с энергоснабжением ожидаются в ближайшие 24 месяца. Более того, в США и Европе уровни резервных мощностей для сетей электропередач уже находятся на критических отметках, в США — менее 7 ГВт, в Европе — менее 3 ГВт. Эта ситуация объясняется ограничениями в передаче энергии, что делает построение новых линий электропередач и подстанций крайне сложным процессом. А это, в свою очередь, ставит под угрозу дальнейшее расширение ЦОДов, которые уже требуют более значительных объёмов энергии. Причём проблема остро стоит не только в крупных городах, но и в регионах, где выделения энергетических мощностей и присоединения приходится ждать годами.

Отдельный вопрос — какой вред использование ЦОДами электроэнергии наносит природе, особенно если энергия поступает от традиционных углеводородных источников. Также всё зависит от того, какие источники энергии используются для питания ЦОДов. Если ЦОДы работают на производимой угольными и газовыми электростанциями энергии, они вносят свой вклад в выбросы CO_2, что негативно сказывается на качестве воздуха и экосистемах. Охлаждение серверов влечёт значительные объёмы использования воды (к примеру, для охлаждения ИИ могут применяться сотни тысяч литров воды) и, как следствие, проблемы с водоснабжением, а использование неэкологичных источников энергии ведёт к загрязнению воздуха или почвы. Кроме того, применение редких ресурсов, таких как литий, кобальт и редкоземельные металлы, — отдельный вред экосистеме.

Что касается России, то эта сфера здесь пока не так развита, как, например, в США и Китае. Однако перед государством стоит задача достичь мирового технологического лидерства, причём не только в области ИИ, что невозможно без достаточного количества ЦОДов. Согласно оценке аналитической компании BusinesStat, за 2018—2022 гг. рынок ЦОД в России вырос более чем в 2,5 раза, до 87,4 млрд рублей. По расчётам компании, в России работает более 80 коммерческих ЦОДов. Среди крупнейших — ЦОДы "Ростелекома", IXcellerate, DataPro, Selectel.

В этом году в России обсуждается возможность законодательно закрепить право ЦОДов подключаться напрямую к магистральным электросетям — Единой национальной энергетической сети (ЕНЭС). Это позволит повысить надёжность энергоснабжения и снизить затраты на передачу электроэнергии.

Минцифры России признаёт ключевое значение ЦОДов и реализует ряд мер для поддержки отрасли. В их числе — подготовка поправок, которые позволят операторам ЦОД получить льготный доступ к рынку электроэнергии, а также законопроект о регулировании деятельности ЦОД. В министерстве сообщили, что они не включали в текст "Энергетической стратегии" инициативы по прямому подключению ЦОДов. Однако вопрос о законодательном закреплении прямого доступа к магистральным сетям единой национальной электрической сети активно рассматривается в процессе подготовки законопроекта "О связи".

Новый подход сулит и новые выгоды:

— снижение тарифов — передача электроэнергии через магистральные сети дешевле, чем через распределительные (к примеру, в Тюменской области разница достигает пятикратного размера);

— повышение надёжности — единая энергосистема обеспечивает стабильное энергоснабжение, что критично для ЦОДов;

— ускорение развития цифровой инфраструктуры — упрощение подключения может стимулировать рост числа новых ЦОДов.

Однако есть и противники этой инициативы. Ведь основная цель магистральных электросетей — обеспечить передачу энергии между объединёнными энергосистемами (ОЭС) и оптимизировать работу генерирующих объектов. Для обеспечения электроэнергией конечных потребителей, даже крупных или энергоёмких, существуют распределительные сети. Их экономические показатели сильно зависят от объёма переданной энергии, и возможность прямого подключения к магистральным электросетям уже привела к значительному снижению этого показателя. ЦОДы ничем не отличаются от любого промышленного потребителя с точки зрения процедуры технологического присоединения. Предоставление льгот для таких потребителей может предоставлять необоснованные конкурентные преимущества для отдельного вида экономической деятельности.

Ну а пока в России планируется ввод 106 ГВт новых генерирующих мощностей, включая объекты атомной, тепловой и возобновляемой энергетики. Об этом в мае сообщил вице-премьер России Александр Новак в авторской колонке для журнала "Энергетическая политика". К 2050 г. установленная мощность электростанций увеличится на 78 ГВт по сравнению с 2023 г. и составит 330 ГВт. Ввод новых объектов включит 26 ГВт гидроэлектростанций, гидроаккумулирующих, солнечных и ветряных станций, на 50 % больше, чем в 2023 г. Также намечено строительство 50 ГВт тепловых электростанций и 30 ГВт атомных энергоблоков, что эквивалентно приросту в 29 %. Доля атомной генерации в общей структуре производства электроэнергии вырастет до 25 %. Развитие энергетики предусматривает внедрение новых технологических решений, включая энергоблоки средней и малой мощности, а также запуск технологий замкнутого ядерного цикла. Так что Россия собирается сохранить ведущие позиции на мировом рынке атомной энергетики.

Не стоит забывать о том, что ЦОДы нужны не только для ИИ. В условиях развития облачных решений и технологий, а также перехода многих компаний на такие решения, можно ожидать появления новых технологий и инструментов, которые позволят оптимизировать работу ЦОДов, сократив их расходы электроэнергии без снижения эффективности.

Специальные тарифы на электроэнергию для ЦОДов могут быть введены в регионах с профицитом выработки. С соответствующим предложением выступил Председатель Правительства России Михаил Мишустин в начале июня 2025 г. Инициатива направлена на стимулирование развития отечественной инфраструктуры хранения и обработки данных, а также на привлечение инвестиций в строительство новых ЦОДов. По оценкам экспертов, рост вычислительных мощностей требует доступного и стабильного электроснабжения, особенно в условиях цифровизации промышленности и госсектора.

В условиях быстрого строительства новых ЦОДов меняются требования к энергоэффективности. Правительства и регулирующие органы по всему миру вводят более строгие правила по сокращению выбросов углерода, вынуждая операторов ЦОДов вкладывать деньги в экологически чистую энергетическую инфраструктуру. Такие инновации, как жидкостное охлаждение и управление питанием на основе ИИ, становятся необходимыми для достижения экологических целей.

Алгоритмы ИИ помогают в обеспечении в ЦОДах стабильного питания. Эти инструменты способны оценивать и прогнозировать потребляемую мощность, а полученные данные могут быть использованы для перераспределения нагрузки между оборудованием. Кроме того, ИИ помогает в обнаружении аномалий и оперативном устранении проблем в работе систем питания, благодаря чему снижается вероятность аварий и минимизируется время простоя. Управление электропитанием на основе ИИ может помочь оптимизировать работу систем охлаждения серверов, что, в свою очередь, приведёт к сокращению расходов на электроэнергию и повышению эффективности работы.

Меж тем "Системный оператор ЕЭС" сообщил, что установленная мощность электростанций России в начале 2025 г. составила 263,7 ГВт, а максимум потребления — 168,3 ГВт. То есть в целом стране дефицит электроэнергии вообще-то не грозит. При этом в ряде регионов, включая юг страны, Сибирь и Дальний Восток, как раз наблюдается определённая нехватка мощностей. Однако суть в том, что это средние данные для всей страны, которая, как известно, очень велика, и пока на эти показатели не оказали влияние новые отечественные решения на базе ИИ. Будем надеяться, что вкусная и здоровая энергетическая "пища" придётся им по вкусу.

По материалам

https://clck.ru/3MYsqi, https://clck.ru/3MYsuS, https://clck.ru/3MYsyq, https://clck.ru/3MYt6f, https://clck.ru/3MYt9N, https://clck.ru/3MYtDE, https://clck.ru/3MYtFu

Вышла в свет новая книга

Пестряков А. В., Константинов А. С. Тестирование радиооборудования телекоммуникационных систем. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025. — 164 с.: ил. ISBN 978-5-9912-1136-9.

Изложены основные сведения о тестировании и терминология, используемая в данной области, даны основные сведения о радиоинтерфейсах и радиочастотных сигналах, применяемые в современных и перспективных телекоммуникационных системах. Наибольшее внимание уделено методам тестирования радиооборудования сетей сотовой связи 4G и 5G. Рассматриваются аспекты тестирования производительности сетей сотовой связи в целом. Приведено описание оборудования и программного обеспечения для проведения драйв-тестов радиосистем. Даны многочисленные примеры отчётов драйв-тестов в различных регионах, включающих измерения зоны покрытия радиосистем, картографирование и постобработку результатов для получения единых интегральных показателей качества функционирования систем сотовой связи.

Для студентов вузов, обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры по направлениям 11.03.02 и 11.04.02 — "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", 11.03.01 и 11.04.01 — "Радиотехника", слушателей курсов в системе дополнительного образования при повышении квалификации, аспирантов и специалистов, занимающихся вопросами тестирования радиооборудования и мониторинга радиосистем.

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Новый УВЧ-УПЧ для приёмников "Океан-209" и Selena

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

17. УПЧ80

В УПЧ80 вместо L81 и T80 временно устанавливают перемычки, резистор R80 в этом случае будет работать в качестве низкоомной измерительной нагрузки. Устанавливают элементы R37, HL31, R39+R39A, VT43, C45, C80, VT80, R80 и R81, C81. Наилучший выбор на место VT80 — транзистор КТ3127А ($h_{21э}$ > 75). Движок резистора R39A нужно установить в среднее положение.

Подключают без ПЧ-сигнала вольтметр постоянного тока между КТ30 и КТ31 и резистором R47 устанавливают напряжение 330 мВ, что соответствует току покоя 1,5 мА для транзисторов VT43+VT80 для начального большого усиления системы АРУ. Подают на КТ70 пробный АМ-сигнал размахом 20 мВ и частотой 465 кГц. При токе 1,5 мА у транзистора VT80 будет крутизна около 60 мА/В. Поэтому от КТ70 к КТ80 образуется $K_{ПЕР}$ = 6, а если к КТ80 дополнительно подключить нагрузку 50 Ом, будет $K_{ПЕР}$ = 2. Петля ведущей АРУ пока ещё не замкнута. Но если между КТ40 и общим проводом подключить резистор 10...50 кОм, что симулирует работу АРУ, наблюдается заметное снижение усиления в каскаде на транзисторе VT80.

18. Фильтр от внеполосных шумов тракта АМ (L81, L82)

Антишумовой фильтр для АМ-ПЧ — это единственное место в тракте, где можно применить без модификации заводской КПИ из ФСС, и это даже самый хороший вариант, если они в хорошем состоянии после ревизии. У них имеется высокая ненагруженная добротность (не менее 250). Сигналы в этом узле при работе АРУ небольшие, не возникает интермодуляция в ферритовых магнитопроводах, режим работы практически односигнальный. На частоте 100 кГц добротность КПИ должна быть не менее 75, заниженное значение указывает на пайку не всех проводов литцендрата.

Целевая индуктивность КПИ — 242 мкГн. При переделке изделия Q-4386 надо намотать 4×29 = 116 витков провода 0,15 мм, лучше литцендратом 3×0,07 мм или 4×0,05 мм с умеренной скруткой проводов (2...3 скрутки на 1 см). Добротность на частоте 100 кГц должна быть Q > 65, и обычно получается добротность Q = 200 на частоте 465 кГц, этого достаточно для достижения заметного снижения шума и подавления побочных резонансов ПКФ.

Укомплектовывают фильтр (L81, L82), на месте конденсатора C86 временно устанавливают подстроечный конденсатор 4...20 пФ. За резистором R95 устанавливают временную блокировку к общему проводу (конденсатор ёмкостью 33...100 нФ), и на КТ90 можно снять сигнал для измерения АЧХ импедансом 50 Ом, при этом АРУ не работает, сохраняется полное усиление транзистора VT80. На КТ70 подают тестовый сигнал несколько десятков микровольт от источника импедансом 50 Ом (через разделительный конденсатор ёмкостью 33...100 нФ). Транзистор VT70 этому не мешает. Снимают сигнал с КТ90. Подстройкой КПИ L81, L82 и конденсатора на месте C86 настраивают форму АЧХ по примеру на рис. 15. После завершения заменяют подстроечный конденсатор постоянным соответствующего номинала, потом можно немного подкорректировать форму АЧХ.

Симулируют работу АРУ, подключив резистор сопротивлением 10...50 кОм между КТ40 и общим проводом, при этом нужно подобрать от измерительного генератора уровень сигнала на КТ70. При применении транзистора КТ3127А не будет изменений отличной формы АЧХ при действии АРУ. С транзисторами ГТ322А (в меньшей степени), а также КТ3108А и КТ326Б при максимальном усилении отмечается закруглённая форма АЧХ, при снижении усиления это переходит в более выраженную прямоугольность АЧХ. Это неидеальное поведение, но в целом качество, достаточное для всех этих изделий, чтобы существенно снизить "пустой" шум в аудиосигнале.

19. Фильтр от внеполосных шумов тракта ЧМ (T80, L80)

За резистором R95 временно устанавливают блокировочный конденсатор ёмкостью 33...100 нФ к общему проводу, чем АРУ деактивируется, и измерить АЧХ можно, снимая сигнал с КТ90.

Для T80 и L80 применяют заводские ЧМ-ПЧ-КПИ по умолчанию. Их разбирают, чистят швы каркаса и выводы. Начинают мотать катушку L83 снизу с горячего конца проводом 0,1...0,15 мм, использовав нижние три секции витками 7+(6+3)+9. Обмотку связи L84 (3 витка) мотают в верхней секции. L80 мотают проводом 0,1...0,12 мм 6+8+8+6 витков, часть обмотки (шесть витков) — это отвод к транзистору VT90 в верхней секции.

При применении добротных импортных КВ-КПИ каркасного типа (Q-3994, Q-4126 не подходят) сохраняется соотношение

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2025, № 8—11

витков, целевые значения индуктивности составляют 4,4 и 5 мкГн для L83 и L80 при полном введении подстроечника в каркас. Для этих изделий обмотки связи размещают в нижних секциях, контурную обмотку L83 и горячую часть L84 размещают в верхних секциях. Нужно уменьшить сопротивление резистора R805 до 8...10 кОм.

Дроссель "бусинка" на выводе базы транзистора VT90 устраняет возможное самовозбуждение на УКВ. Реактивным элементом паразитного УКВ-контура является часть обмотки до отвода, и нужно снизить добротность этой индуктивности на УКВ. Альтернативно можно параллельно к этой части обмотки L80 подключить резистор сопротивлением 1,5...2,2 кОм. Связанные этим резистором контуры получают дополнительную нагрузку, и тогда резистор R805 должен быть с сопротивлением около 22 кОм.

Настройку этого фильтра следует проводить подачей тестового сигнала с размахом не более 1 мВ на КТ70, чтобы усилители остались в линейном режиме. Настраивают идеальную АЧХ с ровной вершиной протяжённостью 250 кГц. Если на месте транзистора VT80 использован ГТ322А или КТ3108А, следует провести налаживание при сниженном токе коллектора VT80 около 0,3 мА. Для этого от КТ40 к общему проводу временно устанавливают резистор сопротивлением 33...47 кОм, как симуляцию умеренного отзыва АРУ. Небольшие изменения формы АЧХ в виде круглой вершины или лёгкого наклона при полном усилении не критичны, так как искажения аудиосигнала от этого ещё утонут в шумах.

20. Ведущая петля АРУ АМ-тракта

Ведущая петля АРУ имеет важное значение при работе приёмника, и нужно тщательно наладить её работу, иначе ведомые петли АРУ дают сбой, и теряется значительная часть сигнальной динамики в искажениях или шумах. Убирают временный блокировочный конденсатор за резистором R95, и начнёт работать детектор АРУ.

Подают на КТ70 АМ-сигнал 50 % (1 кГц) размахом 20 мВ. Очень важно не превысить этот уровень, так как при увеличении сигнала стремительно образуются искажения более –60 дБ при АМ 50 %. Конечно, при полном усилении транзистор VT80 был бы безнадёжно перегружен, однако АРУ максимально уменьшит усиление до его работы в линейном режиме. При этом у каскада на VT80 должно оставаться предсказуемое остаточное усиление, чтобы на выходе к АМ-демодулятору был сигнал размахом 10 В. Это остаточное усиление устанавливают резистором R39A при напряжении питания 6,3 В на XT37. Правильность налаживания выразится в том, что петля АРУ уменьшит напряжение на эмиттере VT43 до –450 мВ при предельно большом сигнале на детекторе АРУ и АМ-демодуляторе. Остаточный ток коллектора в этом состоянии для VT43 и VT80 составляет 15 мкА, чем для VT80 установлена глубина АРУ 40 дБ.

При подаче на КТ70 сигнала АМ 50 % (1 кГц) размахом в интервале 50 мкВ...20 мВ (сигнальная динамика — 52 дБ) ведущая петля АРУ отработает свою долю на 40 дБ и оставит на выходе перепад по громкости около 14 дБ. Искажения на аудиовыходе при этом останутся ниже шума для слабых сигналов, для средних сигналов на уровне –60 дБ, для мощных сигналов — не более –70 дБ, для предельно мощного сигнала — –56 дБ. Для низкочастотной модуляции 50 Гц искажения останутся ниже –48 дБ (**рис. 54**), что придаст звучанию мягкий тембр баса и не даст омрачить средние и высокие частоты артефактами от баса.

Для модуляции частотой 3...4 кГц (50 %) искажения составляют –46...–38 дБ. Но такие высокочастотные звуки не участвуют в такой глубокой модуляции в реальных АМ-сигналах, поэтому эти звуки в составе радиовещательного сигнала передаются без слышимых искажений.

Конечное напряжение АРУ –0,45 В на эмиттере VT43 (КТ30 и КТ31) — ключевой параметр, так как этим достигается уверенная отсечка последующих УПТ в АРУ. Дальнейшее снижение напряжения резистором R39A вредно и бесполезно, так как другие УВЧ и УПЧ уже не меняют усиление, качественная работа АРУ и всего тракта исчерпаны.

21. АРУ ЧМ-тракта (R38, VT33)

Устанавливают транзистор VT33, а на месте R38 временно устанавливают подстроечный резистор номиналом 10...22 кОм и подают питание на ЧМ-узлы

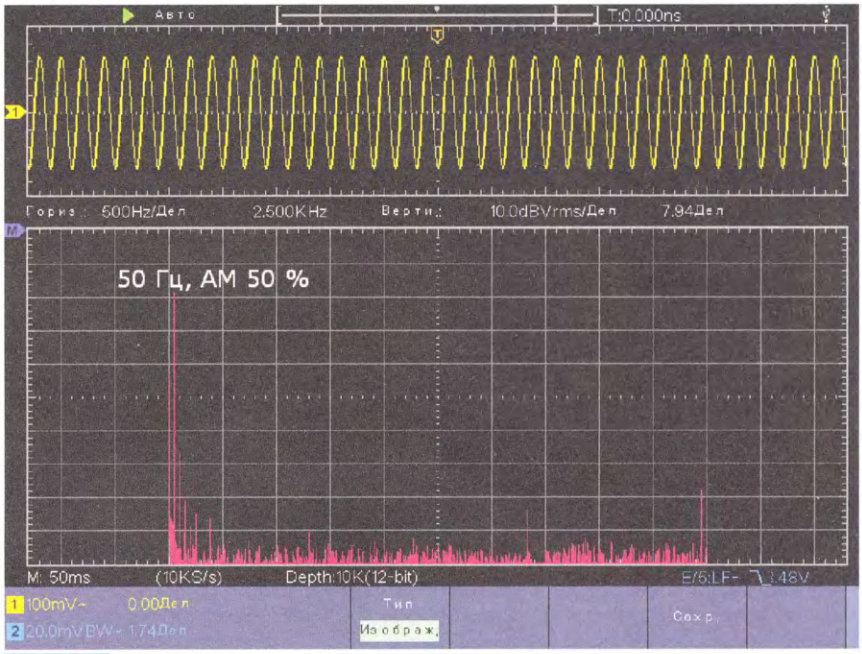


Рис. 54

(переключатель подключают к XT32, XT33). Подают на КТ70 сигнал размахом 20 мВ частотой 10700 кГц без модуляции. При этом ведущая АРУ должна доходить до предельно допустимой глубины. Подбирают резистор R38 так, чтобы на КТ40 напряжение было –1,15 В, а на КТ30 и КТ31 примерно –0,45 В. Тем самым при ЧМ-приёме глубина АРУ у транзистора VT80 на 10...14 дБ меньше, чем при АМ. Ток коллектора VT80 меняется от 1,5 мА до 60 мкА при ЧМ (АРУ 28 дБ = 25 раз).

21.1. Работа АРУ

При проверке тракта были получены перечисленные далее результаты, гораздо лучше по сравнению со многими солидными приёмниками.

1. При максимально допустимом размахе АМ-сигнала 20 мВ

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2025

на КТ70 достигается полная глубина АРУ — 40 дБ, искажения сигнала на КТ2 — –63/–56/–60/–42 дБ при АМ 30 %/50 %/80 %/100 %.

2. При АМ 50 % и размахе сигнала 40 мкВ на КТ70 искажения на КТ2 останутся менее –40 дБ (в шумах).

3. При АМ 50 % и размахе сигнала 120 мкВ на КТ70 искажения на КТ2 (размах сигнала — 100 мВ) останутся менее –50 дБ (в шумах) и заработает АРУ.

4. При АМ 50 % и размахе сигнала на КТ70 600 мкВ искажения на КТ2 (размах сигнала — 200 мВ) останутся ниже –60 дБ (в шумах).

5. При АМ 50 % и размахе сигнала 2 мВ на КТ70 искажения на КТ2 (размах сигнала — 250 мВ) останутся ниже –73 дБ (в шумах).

6. При АМ 50 % и размахе сигнала 6 мВ на КТ70 искажения на КТ2 (размах сигнала — 300 мВ) останутся ниже –70 дБ.

7. При АМ 50 % и размахе сигнала 20 мВ на КТ70 искажения на КТ2 (размах сигнала — 350 мВ) останутся ниже –58 дБ. Таким образом, АРУ в ведущей петле оставит при входном изменении сигнала на 44 дБ выходной перепад на 11 дБ, это немного зависит от крутизны транзистора VT40. На практике искажения не слышны.

8. При ЧМ работа АРУ начинается с входного сигнала размахом 500 мкВ на КТ70, это немного зависит от транзистора VT40. При этом на ограничитель поступает сигнал размахом 200 мВ, чего достаточно для его работы в ключевом режиме.

9. При ЧМ сигнале размахом 20 мВ на КТ70 достигнут минимум усиления, и к транзисторам ограничителя поступает сигнал размахом по 500 мВ.

21.2. Индикатор приёма АМ-тракта

Устанавливают транзистор VT32 и полностью его эмиттерную обвязку. При изменении размаха сигнала АМ 50 % от 0 до 20 мВ на КТ70 налаживают изменение тока индикатора от 200 мкА до нуля. В режиме ЧМ транзистор VT32 отключён током через светодиод HL30, проверяют его напряжение $U_{БЭ}$ при всех режимах.

22. УПЧ60

Убирают временно установленный резистор у эмиттера транзистора VT61. Монтируют УПЧ60 с элементами R162—R164, C165, VD164, но VT62 не устанавливают. При установке активного смесителя сопротивление R163 = 220 Ом, что вместе с транзистором VT60 составляет нагрузку 200 Ом для ФСС. Проверяют ток коллектора (2,3 мА), его можно скорректировать подборкой резистора R162.

Устанавливают транзистор VT62 (VT140 пока не устанавливать или соединить с общим проводом КТ40) и соединяют базы транзисторов VT61 и VT62 в левом по схеме положении движка резистора R69. При такой ситуации токи транзисторов должны быть примерно одинаковыми, в сумме те же 2,3 мА, это соответствует глубине АРУ 6 дБ. Затем с помощью резистора R69 устанавливают для VT61 минимальный ток коллектора 33 мкА (3,3 мВ между КТ60 и КТ61), что соответствует предельной глубине АРУ –38 дБ.

Подают на клемму IFO тестовый АМ-сигнал размаха 45 мВ, УПЧ60 ещё находится в состоянии крайне слабого усиления. При этом на КТ70 должен быть сигнал размахом 20 мВ. Это соотношение уровней можно подкорректировать резистором R69.

23. Ведомая цепь АРУ в УПЧ60 при приёме АМ

Устанавливают элементы R141, R142 и VT140. Проверяют ток коллектора транзистора VT61 при отсутствии тока транзистора VT62 и сигнала. Подают на клемму IFO сигнал АМ 50 % размахом 1 мкВ...43 мВ от источника импедансом 50 Ом, что соответствует сигнальной динамике 93 дБ. Проверяют качество аудиосигнала и работу АРУ. Первым стремительно уменьшает усиление транзистор VT80, это проверяют напряжением между КТ30 и КТ31, а следом ток транзистора VT140 уменьшается до нуля. Итого усиление тракта меняется на 78 дБ в УПЧ60 и УПЧ80 вместе.

24. Диодный смеситель

При реализации проекта в этой части можно установить активный смеситель, но об этом позже. Однако при плюсовом питании реализуем только вариант с диодным смесителем, активный смеситель рассчитан на минусовое питание.

Устанавливают все элементы, начиная от R161 и T161 (раздел 5.5.2), вплоть до выхода (C164), но C162 пока не устанавливать. Для изготовления трансформатора T160 и КПИ L161 предпочтительно использовать изделия, подобные Q-4386, так как их конструкция обеспечит максимальное подавление паразитных КВ-помех. Альтернативно можно установить импортные КПИ с увеличенным ферритовым магнитопроводом в корпусе с основанием 10×10 мм, но этот вариант будет хуже по дальней селективности и интермодуляции, поэтому для работы от больших антенн это не вариант. При использовании современных импортных КПИ сначала мотают диодные обмотки, покрывают их густым лаком, потом мотают контурную обмотку, начиная с холодного конца.

T160 надо мотать тщательно, он определяет качество при подобранных диодах. Сначала проводом 0,1 мм мотают контурную обмотку — 3×24 витка в нижние секции, начинают снизу с горячего конца. Целевая индуктивность — 95 мкГн. В верхнюю секцию нанести строго симметричную обмотку 2×12 витков, без скрутки, отвод от каркаса делать строго по центру между крайними выводами, провода отвода скрутить. Крайние выводы обмотки там же выводить на 2...3 скрутки. В итоге оба плеча имеют одинаковую индуктивность 4,3 мкГн, разница — менее 30 нГн, асимметрия –40 дБ вполне реализуема. Средний вывод обмотки размещают на крайнем выводе, надо сверить с печатной платой!

КПИ L161 мотают проводом 0,1 мм по секциям каркаса 4×19 витков. Целевая индуктивность — 105 мкГн. КПИ L160 намотана на импортном АМ-КПИ в корпусе с основанием 7×7 мм. Наматывают 15 витков провода 0,1 мм, целевая индуктивность — 10 мкГн.

На место C162 временно устанавливают конденсатор ёмкостью 10 нФ (некритично, плёночный или NP0). Блокируют конденсаторами ёмкостью по 33 нФ УПЧ60 за резистором R62 и РУПЧ за резистором R95, при этом АРУ не работает, все УПЧ имеют максимальное усиление. Подключают вход измерителя АЧХ (50 Ом) к КТ60 (через конденсатор ёмкостью 10 нФ). С такой нагрузкой 33 Ом у УПЧ60 будет коэффициент передачи по напряжению всего 0,5 (–6 дБ), что для настройки АЧХ достаточно.

На XT5 и XT6 подают гетеродинный сигнал размахом 1200 мВ (синус на частоте 3000 кГц) от генератора с выходным сопротивлением 50 Ом. На контакты XT8, XT6 несимметрично от источника импедансом 100 Ом подают сигнал размахом 30 мВ на частоте 3465 кГц (сканировать в диапазоне ±100 кГц), а XT7 оставляют свободным. На выходе диодной матрицы образуется в том числе сигнал ПЧ 465 кГц. Настраивают двухконтурный LC-фильтр T160, L161 подбором конденсатора C162 = = 10...33 нФ на АЧХ с плоской вершиной протяжённостью 20 кГц и полосой 40 кГц (по уровню –6 дБ). По итогам следует установить C162+X162 с нужными ёмкостями, ожидаемо это 22 нФ из керамики NP0. На КТ160 имеется выраженный

импульсный сигнал в виде ограниченного синуса. На **рис. 55** это показано для частоты 9 МГц.

Отмечается высокая симметрия, вторая гармоника подавлена на 46 дБ, подбор диодов и тщательное изготовление трансформаторов сыграют свою роль, подавления 36 дБ достичь легко,

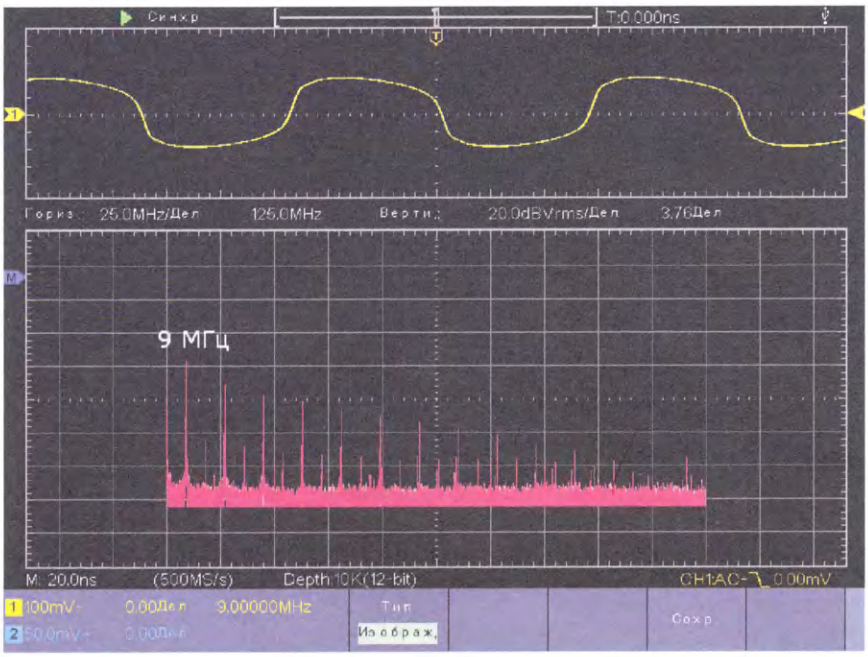


Рис. 55

и это будет хорошим результатом. Гармоники на УКВ подавлены на 30 дБ, что эффективно ослабит паразитный УКВ-приём при КВ-приёме в городе. Крутые фронты гетеродинного сигнала на КТ160 длительностью 5...10 нс при периоде 110 нс обеспечивают хорошую эффективность и линейность преобразования. При использовании других ВЧ-диодов с прямым напряжением около 0,3 В (серии КД922 или ГД508) резистор R9 должен быть с номиналом 91 Ом.

24.1. Проведение измерений

Коэффициент передачи по напряжению дифференциального сигнала на XT8 (XT7) к IFO составляет +2 дБ. Однако разница по импедансу составляет 1:6, и передача по напряжению без затухания должна была быть +7,7 дБ. Получается вполне состоятельный результат — затухание сигнала в смесителе составляет 5,7 дБ, включая потери в полосовом фильтре на выходе.

Последующий УПЧ выдерживает размах сигнала до 120 мВ при АМ 50 % с интермодуляцией –40 дБ, даже с транзистором ГТ322Б он выдерживает до 100 мВ. В это время сигнал размахом 80 мВ АМ 50 % на смесителе приходит к УПЧ размахом 100 мВ, и смеситель внесёт интермодуляцию –60 дБ. Чтобы смеситель выдал искажения на уровне –40 дБ, на его вход нужно подавать сигнальную смесь размахом 2×120 мВ. Всё это хорошо сочетается, так как на смеситель поступают множество сигналов и не все попадают после преобразования на вход УПЧ. АРУ в УПЧ60 рассчитана для максимально допустимого размаха 45 мВ для смеси сигналов, которая проходит через ФСС на частотах 460...470 кГц.

Нагрузка по зеркальной ПЧ (R160, C160) сработает на КВ. Для ДВ-СВ она не работает, и вместо 80 мВ размаха сигнальной смеси можно подавать только 50 мВ для искажений –60 дБ. Однако на ДВ-СВ на смеситель попадают намного меньше сигналов одновременно.

25. УВЧ А130

Устанавливают L131 и C135, подключают измеритель АЧХ к этому контуру и настраивают провал АЧХ на частоте 103 МГц. Целевая индуктивность L131 — 320 нГн. Полностью монтируют УВЧ и на клеммах XT9 и XT10 устанавливают перемычку. Движок резистора R139 устанавливают в нижнее по схеме положение. Контакт XT12 соединяют с общим проводом (XT41) для максимального усиления при тестах. Переключают тумблер питания на АМ, проверяют ток покоя транзистора VT130 (2,1 мА) и примерно равное распределение этого тока между VT131 и VT132 (измерить на КТ130, КТ131, ХТ10).

Проверяют работу УВЧ, подавая на XT17 тестовый сигнал размахом 30 мВ. На КТ130 и КТ131 сигналы будут размахом по 60 мВ на высокоомном щупе, это соответствует глубине АРУ 6 дБ. Резистором R139 устанавливают на КТ130 сигнал размахом 20(6) мВ, на КТ131 — 100(114) мВ, и это соответствует предельной глубине АРУ на 16(26) дБ. Глубина на 26 дБ рекомендуется при установке активного смесителя с дополнительным ФСС.

26. Ведомая петля АРУ в УВЧ и УПЧ50

Устанавливают элементы VD140, VD141, VT141 и R143 и включают режим АМ. На КТ70 подают АМ-сигнал 50 % размахом 20 мВ, при котором АРУ ранее была настроена на предельную глубину регулировки. В этом состоянии транзистор VT141 должен быть обесточен, проверяют это, измеряя напряжение на его эмиттере. При отключении пробного сигнала на КТ70 коллекторный ток транзистора VT132 должен быть равен нулю, весь ток протекает через транзистор VT131.

Переключают тракт в режим ЧМ и подают на КТ70 тестовый сигнал без модуляции частотой 10700 кГц и размахом 30 мВ. АРУ должна быть на предельной глубине, на КТ30 должно быть –0,45 В. Проверяют ток коллектора транзистора VT141, он должен быть равен нулю, распределение тока 1:7 для транзисторов VT50 и VT51, ранее налаженное для минимального усиления.

Подают на вход Z50 сигнал размахом 300 мВ от источника импедансом 270 Ом и проверяют предельное состояние АРУ. Постепенно уменьшая уровень сигнала, наблюдают последовательное включение в работу каскадов УПЧ, последним набирает усиление транзистор VT80.

27. Гетеродин

Монтируют все элементы гетеродина без колебательного контура, соблюдая полярность конденсатора C150.

Между XT2 и XT3 устанавливают временную перемычку и проверяют напряжения, которые указаны на схеме. При генерации эти значения меняются, так как транзистор работает в нелинейном режиме. При использовании активного смесителя с дополнительным ФСС рекомендуется использовать в гетеродине транзистор КТ3108А, что обеспечит минимальный шум гетеродина.

28. Подготовка для установки платы

Важно! Надо удалить из барабана переключателя диапазонов УКВ-планку во избежание короткого замыкания при включении АМ-режима. Потенциал нового тракта реализуется только после восстановления приёмника [4]. Антенный диплексер находится в составе нового УКВ-блока [5, 7].

28.1. Заземляющая лента и контакты переключателя диапазонов

Надо почистить все контакты барабана и согнуть их для размещения контактной ленты, поправить положения контактов. Устанавливают линейку контактов барабана. Контакты 6 и 18 заземляют на линейке и устанавливают заземление к шасси. На правом конце заземляют ленту к общей точке заземления антенных узлов. Это важно для приёма исключительно через селективный входной LC-контур УВЧ без его обхода.

28.2. Подключение КПЕ

КПЕ прошёл ревизию и смазку, проверен на отсутствие замыканий, все лепестки тонкой настройки выровнены, ход мягкий. Исправляют разводку трёхсекционного КПЕ, он больше не соединяется напрямую с главной платой, а соединён с барабаном и контактной лентой. Три провода заземления КПЕ подключают к линейке, при этом надо использовать жёсткий провод с большой поверхностью. Хорошо показал себя кабель RG174, у него соединяют внутренний провод с изоляцией, на концах всё спаивают. Ещё лучше сработают медные ленты толщиной 0,5 мм и шириной 4 мм (**рис. 56**), термоусаживаемая трубка не только изолирует, она ещё снизит вибрационную ЧМ.

Главным результатом является существенное повышение собственного резонанса КПЕ до частоты более 22 МГц для входного УВЧ-контура и более 32 МГц для гетеродина, обеспечивая полноценную работу на частотах приёма 12...18 МГц.

28.3. Установка платы

Снимают с платы все временные навесные выводные компоненты для налаживания. Кронштейны для платы выравнивают, чтобы крепление платы к шасси не привело к деформации и натяжению. На плате должна быть установлена экранировка для ЧМ-демодулятора для защиты от наводок сетевого трансформатора.

28.4. Стойки для антенного провода

Для прокладки антенного провода от контакта 16 барабанного переключателя диапазонов к УКВ-блоку предусмотрены держатели из провода диаметром 1 мм. Провод разрезают на отрезки длиной по 18 мм и на одном конце сгибают (**рис. 57**). Отрезки впаивают в отверстия с A—G и выравнивают для прокладки тонкого антенного провода.

28.5. Подключение барабана переключения диапазонов

Провода от платы к барабану имеют полную длину 27 мм, с концов проводов для пайки снимают изоляцию на 2 мм. Длина проводов к контактам 7 и 8 барабана переключателя — 37 см, их надо скрутить. Три провода от гетеродина имеют длину 45 мм, их объединяют в жгут с помощью ПВХ или термоусаживаемой трубки, чтобы уменьшить влияние вибрации. Припаивают все

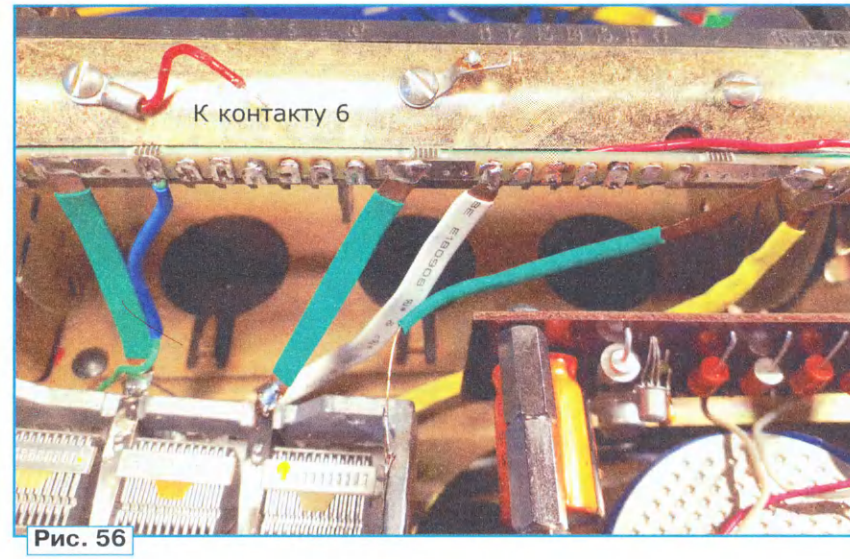


Рис. 56

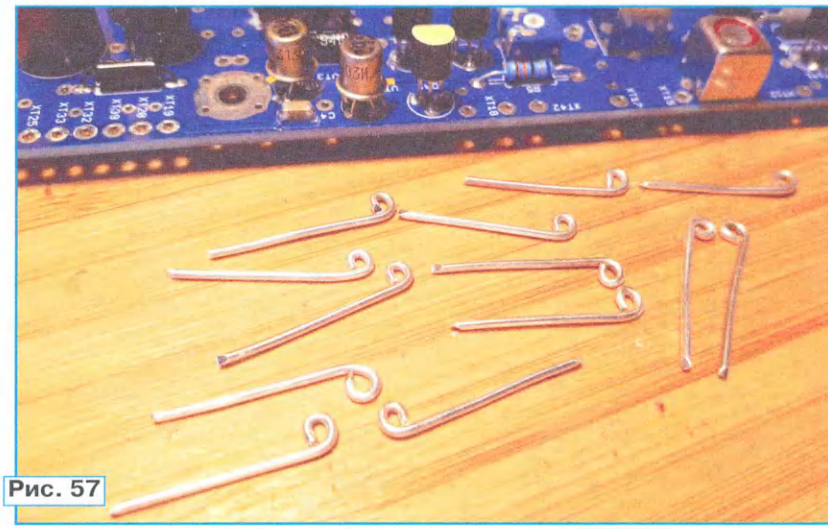


Рис. 57

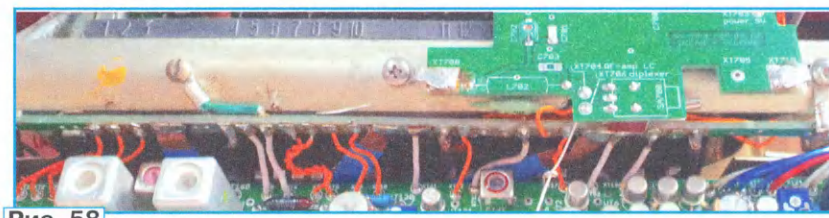


Рис. 58

провода к плате по примеру, показанному на **рис. 58**. Очищают плату от флюса, визуально с помощью лупы проверяют наличие дефектов и остатков припоя.

28.6. Подключение магнитной антенны

Заводскую магнитную антенну в её оригинальном исполнении подключают к контактам 19, 15, 14, 13, как это было ранее. Старые провода слишком длинные, их выправить, немного укоротить и проложить за контактной лентой. Это окончательно минимизирует "кривой" приём с МА. Сначала припаивают провод к контакту 19, последним припаивают провод к контакту 13. Чистят контактную панель самой МА от лишних проводов, удаляют также оба конденсатора (ёмкостью по 10 пФ), подключённые к разъёму внешней антенны.

29. Установка платы

Плату помещают на посадочное место и с небольшим усилием привинчивают, используя шайбы.

29.1. Цепи питания

Общий провод питания (XT26) подключают к точке заземления УМЗЧ и батареи питания на шасси, что уменьшит наводки на НЧ. Питающее напряжение подают на XT37, провод от переключателя питания формируют для будущего жгута к главной плате. Переключатель АМ-УКВ пока оставить временным на плате.

29.2. Выход НЧ, режекторный фильтр

Провода ЗЧ выхода размещают в том же жгуте питания. При использовании экранированного провода оплётку соединяют с общим проводом только у УМЗЧ. Главное, чтобы предусилитель ЗЧ был доработан с установкой экрана со стороны сетевого включателя питания. Режекторный фильтр (XT24) подключают к бывшему включателю АПЧ, у которого есть своё соединение с общим проводом (проверить его качество).

29.3. Индикатор настройки

К индикатору делают новую проводку, её включают в жгут питания и ЗЧ, при этом надо соблюдать полярность, она отмечена на корпусе индикатора.

29.4. Модуль освещения

Подключают к контактам XT35 и XT38 провода для опционального модуля освещения, по длине на 3 см больше, чем для индикатора. Концы проводов пока не зачищают, их изолируют и доводят в жгуте до индикатора.

29.5. Узел питания внешней активной антенны

К XT36 припаивают провод длиной 7 см для питания внешней антенны, открытый конец пока изолируют, провод размещают в жгуте. Позже этот провод подключают к опциональному антенному модулю.

29.6. Подключение к переключателю диапазонов

Припаивают все ранее установленные провода к контактной ленте барабана (см. рис. 58). При стандартном использовании заводской МА не нужен провод от XT13 к МА, подготовленный провод от XT13 согнуть в безопасном положении, он будет нужен при модернизации МА с новыми планками для ДВ и СВ.

29.7. Первый АМ-приём

Выбирают планку КВ-диапазона, на котором в данное время суток больше всего сигналов. К контакту 16 барабана подключают провод длиной около метра и включают приёмник в режиме АМ. Конечно, старая частотная настройка сбилась, но есть некоторый приём. Можно предварительно настроить гетеродин по краям диапазона и по центру шкалы и подстроить "на слух" контуры УВЧ.

Проверяют показания S-метра в левом конце шкалы при полном отсутствии сигнала (корректируют резистором R39). Затем в режиме ЧМ при отсутствии сигнала устанавливают указатель индикатора на центр шкалы (корректируют резистором R31).

30. Монтаж УКВ-блока

Пока оставляют временный переключатель питания АМ-ЧМ, установленный на плате.

30.1. Старый УКВ-блок

При применении ранее доработанного УКВ-блока на выходе он должен быть настроен для подключения ПКФ импедансом 270 Ом. Антенный диплексер, который раньше находился на главной плате, нужно перенести к антенной клемме УКВ-блока. Но лучше бы использовать новый УКВ-блок [7].

30.2. Штыревая антенна

Через проволочные держатели, ранее установленные на плате, прокладывают тонкий провод в толстой изоляции от контакта 16 барабана переключателя диапазонов к выходу антенного диплексера, МГТФ 0,05 показал отличный результат. Важна малая ёмкость провода к окружающим предметам. Провод прокладывают с запасом 10 мм для его подключения позже к антенному модулю.

30.3. УКВ-блок

Подключают питающие провода к УКВ-блоку от XT30, XT31, проверить наличие конденсатора C6. Рекомендуется дополнительно заземлить УКВ-блок на шасси прямо рядом с коаксиальным разъёмом. ПЧ-сигнал передаётся через витую пару с плотной скруткой, размещают его подальше от антенного провода при перпендикулярном пересечении. Подключать ТА к УКВ-блоку, чтобы провод не мешал верньеру.

30.4. Первый УКВ-приём

При сложенной ТА и на "пустой" частоте индикатор должен давать среднее показание. Если они раньше были такими, а сейчас есть отклонение, это свидетельствует о неправильной стыковке LC-фильтра смесителя с ПКФ. Процедура стыковки была описана ранее для УКВ-блоков [5, 7]. Проверяют качество приёма, работу индикатора, перекрытие по частоте.

30.5. Переключатель АМ-ЧМ

Убирают временный переключатель питания и подготавливают новый переключатель в комплекте с проводами и шильдиком. Сверлят отверстие диаметром 2 мм на месте установки переключателя, затем расширяют его до нужного диаметра. Сверлить надо с передней стороны. Устанавливают переключатель с шильдиком и подключают его к плате.

31. Настройка диапазонных планок переключателя диапазонов

Придётся все диапазонные планки АМ-диапазонов настроить снова, так как монтажные ёмкости уменьшились по сравнению с заводской печатной платой, провода стали короче, заземление более эффективное.

Сначала нужно вернуть частоту гетеродина, особенно на КВ она зависит от нагрузки смесителем и смогла сместиться на 100 кГц. Обычно небольшая подстройка КПИ гетеродина исправит ситуацию. Проверяют работу гетеродина на предмет амплитуды, на XT5 должен быть размах сигнала 1200 мВ и визуально чистый синус. Методы доработки даны в [6].

Подстраивают контуры УВЧ, у них ёмкостная обвязка менялась существенно. На высокочастотных КВ это можно скорректировать подстройкой КПИ. На низкочастотных КВ, ДВ, СВ настраивают приёмник на высокочастотный конец шкалы и подстроечными конденсаторами подстраивают контуры, на низкочастотной части шкалы не должно быть существенных изменений.

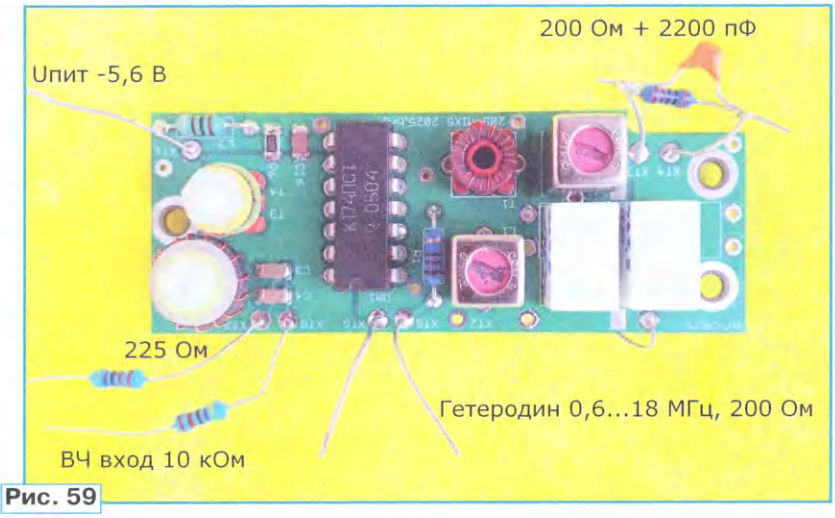


Рис. 59

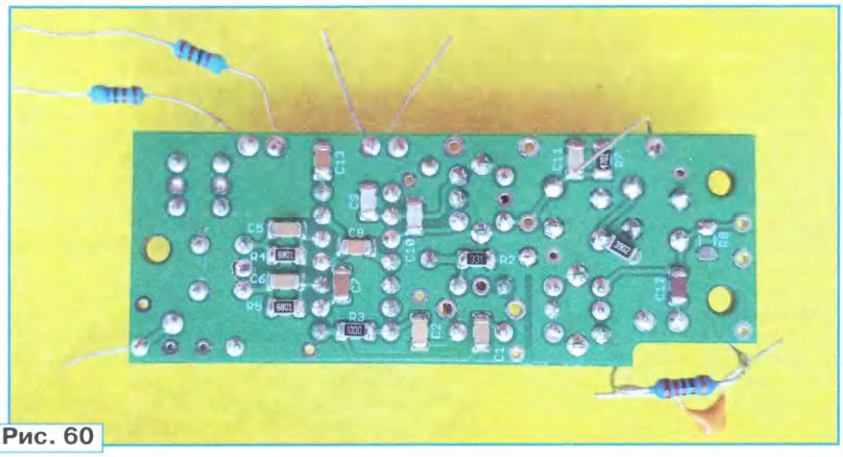


Рис. 60

Из-за большого усиления может иметь место самовозбуждение УВЧ в области 30...200 МГц, ООС на XT12 на это мало повлияет. В таком случае на диапазонных планках у контакта 9 в цепь отвода КПИ надо установить резистор сопротивлением 82...120 Ом. Если это не помогает на диапазонной планке от входного контура к контакту 17 установить резистор сопротивлением 39...68 Ом последовательно или резистор сопротивлением 1...2 кОм параллельно для шунтирования паразитного УКВ-контура.

32. Опциональный смеситель на микросхеме

По итогам многих предварительных версий в 2025 г. была разработана окончательная версия модуля активного смесителя (**рис. 59**, **рис. 60**), файлы для изготовления платы выложены на сайте журнала.

Схема смесителя (**рис. 61**) оптимизирована для использования ПКФ серии ФП1П1-60-хх или мини-ЭМФ серии ФЭМ4-52. Проблематичные по качеству импортные ПКФ не использованы.

Печатную плату устанавливают вместо диодного смесителя, предусмотрены 3 отверстия для крепежа винтами М3 или М2,5 на стойках высотой 4...5 мм. Широкополосные трансформаторы рассчитаны на типоразмер ферритовых колец К7 диаметром 7 мм. Однако на месте Т1 и Т2 можно применить и типоразмер К10. На месте L1, L2 применяются импортные АМ-КПИ. Так как они работают при малой добротности, в них не возникают искажения в ферритовом магнитопроводе.

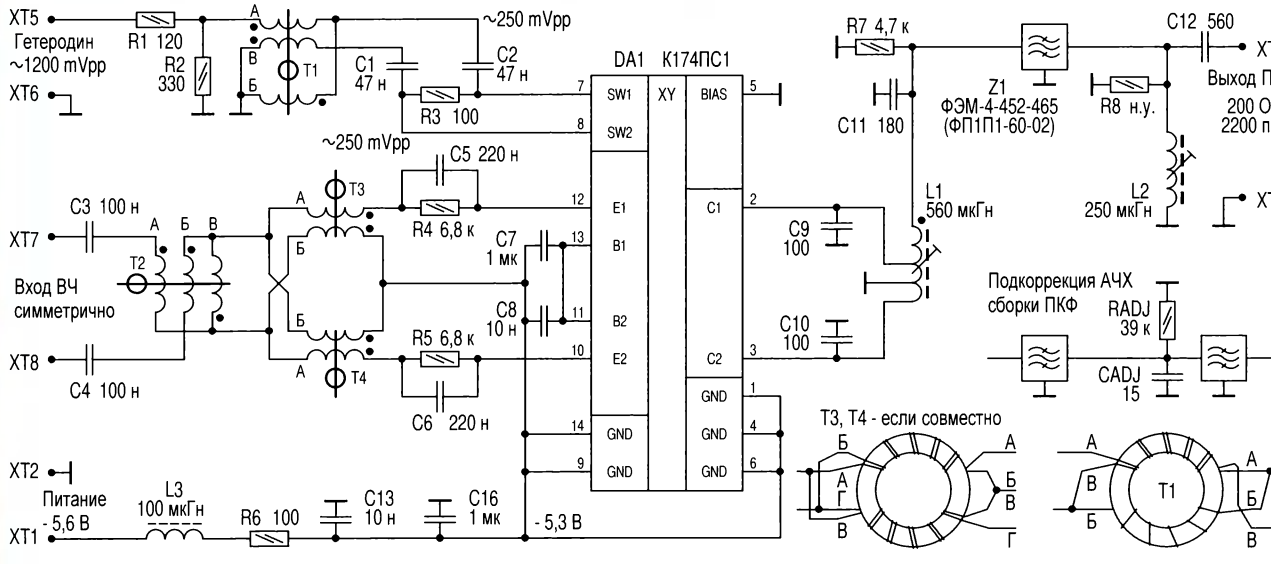


Рис. 61

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Смеситель работает по ВЧ-входу как дифференциальный усилитель в схеме с ОБ для получения расширенного ДД при малом шуме. Поэтому можно оставить усиление в УВЧ небольшим. Идентичные трансформаторы Т3 и Т4 работают как синфазные дроссели, и в точке соединения с Т2 они создают принудительное встречно-параллельное соединение входов смесителя. Это существенно расширит ДД, так как нелинейность входного импеданса транзисторов компенсируются. На стыке входных трансформаторов присутствует импеданс 25 Ом, и в Т2 это трансформируется в девять раз до 225 Ом для нагрузки обмотки связи выходного УВЧ-контура. Эту обмотку связи УВЧ-контура идеально бы сделать без среднего отвода.

Компрессия сигнала на 1 дБ (10 %) возникает при размахе входной сигнальной смеси 240 мВ из добротного колебательного контура. Из источника с импедансом 225 Ом (идеальное согласование) это происходит при размахе сигнала 120 мВ. Интермодуляция IM_3 на уровне –60 дБ возникает при размахе смеси сигналов 40...53 мВ и уже мало зависит от импеданса источника сигнала. Лучший вариант для Т2 — это применение феррита М1500НМС либо комбинация двух колец из ферритов М2000НМ и М400(600)НН. Целевая индуктивность одной обмотки — 50...100 мкГн для охвата ДВ-диапазона. Без ДВ можно обойтись индуктивностью 30...60 мкГн в пользу качества на высокочастотных КВ. В показанном примере применён магнитопровод К10×6×3 М1500НМС, намотаны 14 витков плотной скрутки трёх проводов диаметров 0,1 мм (индуктивность одной обмотки — 84 мкГн), для намотки использовано 70 % периметра кольца.

На частотах выше 5 МГц Т2 переходит в режим работы как ШПТЛ. Трансформаторы Т3 и Т4 намотаны на двух отдельных кольцевых магнитопроводах из феррита М2000НМ (К7×4×2) проводом 0,07 мм с умеренной скруткой, обмотка — 20 витков на 70 % периметра, индуктивность — 170 мкГн. Очень важно соблюдать соединение этих двух трансформаторов между собой, чтобы сработало встречно-параллельное действие эмиттерных входов к общей точке трансформаторов. Альтернативно Т3 и Т4 можно намотать на одном кольце в стиле Гуанелла 4:1, намотка такого типа указана справа внизу на схеме. Однако, чтобы получить нужные индуктивности на магнитопроводе К7×4×2 при использовании для намотки 50 % периметра, нужно сделать сборку "бочка" из двух склеенных колец, при этом затраты те же, подключение на плате немного проще, работает аналогично. При этом направление обмоток у трансформатора Т4 нужно поменять в другую сторону (точки слева).

Нагрузка гетеродина — около 200 Ом, и на смеситель поступают противофазные сигналы размахом по 250 мВ, что реализует отличный ключевой режим "верхней" кросс-матрицы транзисторов в микросхеме DA1, и интермодуляция зависит практически от входных транзисторов в схеме с ОБ. Трансформатор Т1 — синфазный дроссель, для снижения нижней рабочей частоты добавлена компенсационная обмотка. На кольце К7×4×2 феррита М2000НМ обмотка из двух проводов без скрутки (импеданс — около 100 Ом) строго 10 витков, и на другой половине магнитопровода — отдельная обмотка 10 витков. Их индуктивность — по 50 мкГн, что обеспечит работу от 600 кГц вплоть до 40 МГц.

На выходе микросхемы установлен симметричный трансформатор с автотрансформаторным "удлинением". От заземлённого отвода симметричной части к конденсатору С11 образуется индуктивность 560 мкГн. Резистор R7 определяет импеданс узла для правильного согласования с ПКФ. Для мини-ЭМФ его сопротивление будет примерно 3,3 кОм для идеальной АЧХ у ЭМФ, потребуется резистор R8 сопротивлением 10 кОм. Для ПКФ с согласованием на 4,5...5 кОм резистор R8 не нужен. На импортных АМ-КПИ (Q-4288) для L1 сначала наматывают симметричную часть 38+38 витков проводом 0,07 мм. Потом тем же направлением добавить 76 витков удлиняющей обмотки, можно вывести к отдельным выводам каркаса, на печатной плате обмотки соединяются. Для L2 наматывают одну обмотку 76 витков проводом 0,07 мм.

В смесительном модуле изначально предусмотрен один ПКФ в рамках предложенной схемы УПЧ. Но, если есть три совпадающие по частоте ПКФ и один из них имеет полосу пропускания 10...11 кГц (по уровню –3 дБ), то этот, более широкополосный фильтр, следует установить на месте Z72, а два узкополосных ПКФ использовать за смесителем в сборке. Вспомогательные корректирующие элементы CADJ (не более 33 пФ) и RADJ (не менее 22 кОм) помогут слегка исправить незначительные дефекты в и так хорошей АЧХ. Бывает, что разворот ПКФ улучшает форму сквозной АЧХ, это надо проверить до их пайки.

Для налаживания подключают минусовое (!) питание к XT1 и нагружают ПЧ-выход параллельно соединёнными конденсатором ёмкостью 2200 пФ и резистором сопротивлением 200 Ом. Подключают высокоомный щуп и подают на XT5 и XT6 сигнал гетеродина размахом 1200 мВ. ВЧ-вход (XT8) соединяют через резистор сопротивлением 4,7 кОм с общим проводом и подают на XT7 через резистор сопротивлением 4,7 кОм входной сигнал с разницей 465 кГц (по сравнению с частотой гетеродина) размахом на сотни милливольт. Для измерения АЧХ один из сигналов должен быть сканирующим, учитывать положение спектра ПЧ с правильной стороны при выборе частот и режима сканирования. Подстройкой КПИ L1 и L2 и подборкой резисторов R7, R8 налаживают лучшую форму АЧХ. Если $K_{ПЕР}$ подозрительно мал, вероятно, перепутано подключение выводов трансформаторов Т3 и Т4 к Т2. От генератора ВЧ-сигнала (50 Ом) через резисторы суммарно 10 кОм к входам смесителя имеется одинаковый $K_{ПЕР}$ = 0,08 в противофазе друг к другу, эта конфигурация хорошо симулирует работу изолированной обмотки связи выходного УВЧ-контура.

В смесителе образуется сквозной $K_{ПЕР}$ = 1 (0 дБ) для передачи разностного ВЧ-сигнала с XT7, XT8 на выход XT4, XT3 для ПЧ-сигнала и нагрузки 200 Ом. При правильной настройке АРУ она оставит на входе смесителя мощный сигнал с размахом не более 43 мВ в УВЧ и искажения АМ-сигнала останутся менее –60 дБ на входе УПЧ60.

Межсигнальная IM_3 для смеси из 3—5 АМ-сигналов не слышна при суммарном размахе до примерно 200 мВ на входе смесителя. Но на УПЧ поступит только один из сигналов. АРУ в УВЧ можно настроить глубиной до 26 дБ, и тем самым приёмник будет хорошо работать от антенн среднего размера, пока приём по зеркальному каналу не станет главной проблемой.

При установке смесителя его подключают по питанию и ПЧ-сигналу к главной плате, по ВЧ-входу и гетеродину — к контактной ленте барабана.

33. Заключение

С новым трактом УКВ-приём стал превосходным по качеству, а не просто придатком к хорошему АМ-приёмнику. Но ещё больше восхищает приём современных широкополосных АМ-радиостанций, так как в целом обеспечивается высококачественная передача аудиоспектра, и АМ-радиовещание явно показывает свой потенциал качества вопреки всяким заявлениям о его негодности и устарелости. Для

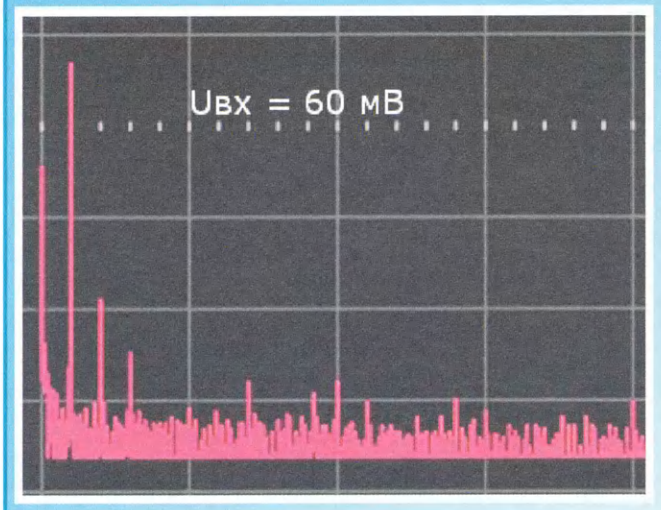


Рис. 62

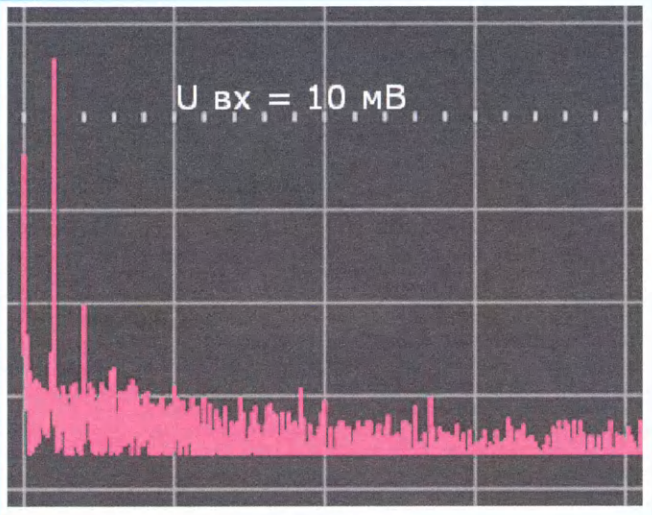


Рис. 63

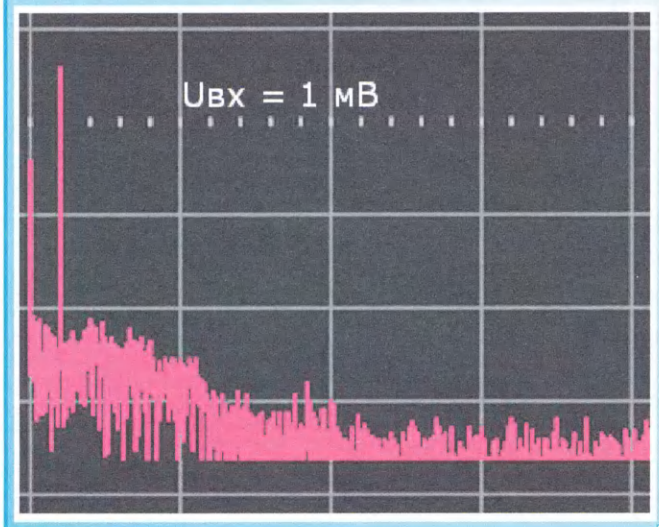


Рис. 64

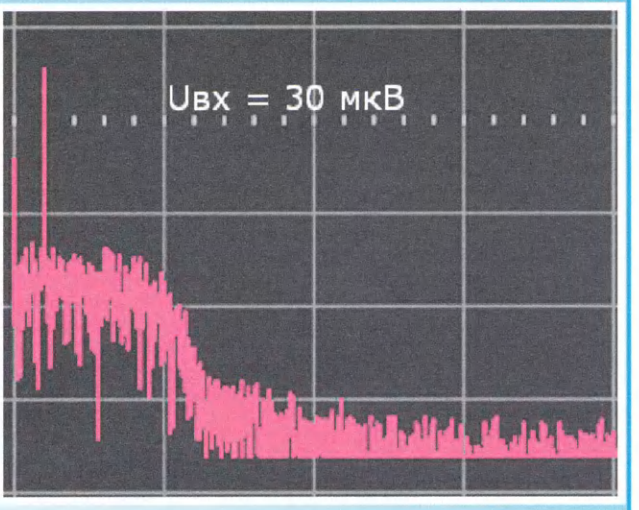


Рис. 65

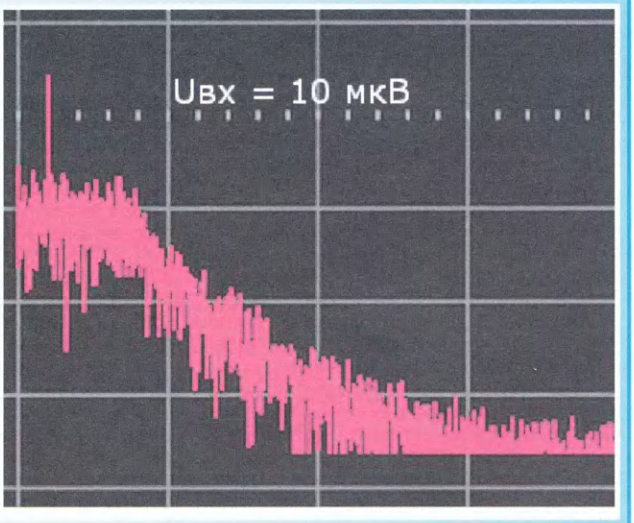


Рис. 66

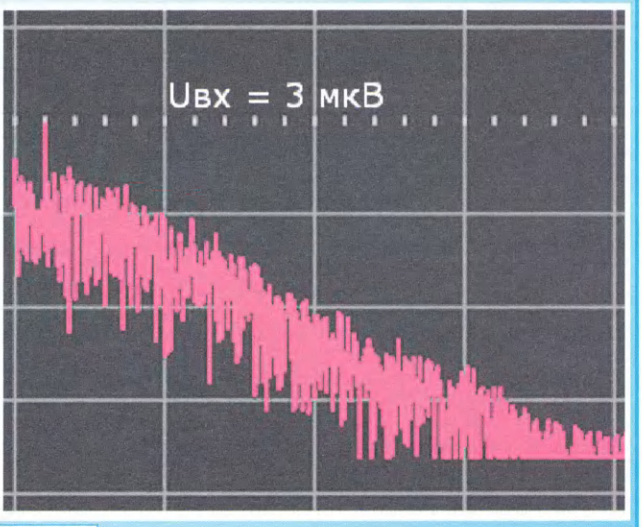


Рис. 67

иллюстрации качества АМ-приёма, в отличие от многих приёмников, показана серия НЧ-спектров при уменьшающемся уровне принимаемого АМ-сигнала (**рис. 62—рис. 67**).

Эти измерения были проведены во время налаживания смесителя с УПЧ. АМ-сигнал (1 кГц, 50 %) поступает на XT7, XT8, размах сигнала указан на рисунках. На них показан спектр сигналов в полосе 0...20 кГц (2,5 кГц/дел. и 20 дБ/дел.). В аудиосигнале хорошо видна ограниченная по полосе ФСС шумовая дорожка. При изменении сигнала на 86 дБ уровень звукового сигнала 1 кГц изменяется на 11 дБ, это без УВЧ. При увеличении уровня сигнала стремительное снижение шума получено за счёт снижения усиления только в УПЧ80 при слабых сигналах. Искажения аудиосигнала не превышают –50 дБ (0,3 %) во всех режимах либо искажения останутся в шумах. Эти измерения также указывают на то, что в УВЧ не нужно особо большое начальное усиление, 10...14 дБ вполне достаточно при хорошем согласовании встроенной антенны.

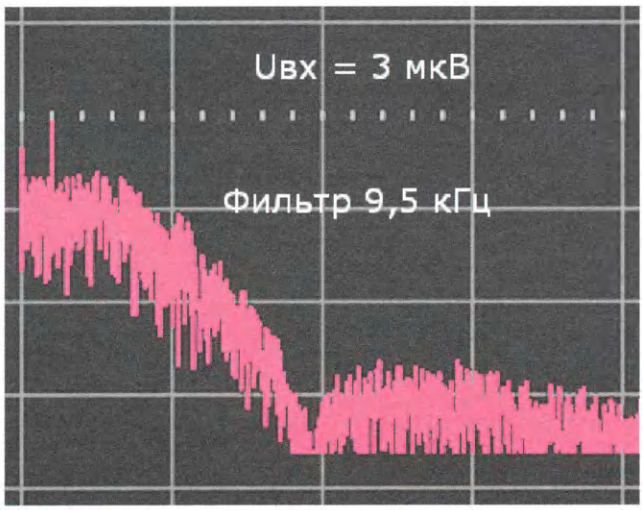


Рис. 68

На **рис. 68** показано действие режекторного фильтра. По сравнению со спектром, показанным на рис. 67, существенно подавлен пустой шум на частотах выше 6 кГц, АРУ на грани запуска.

Если учесть малое энергопотребление обновлённого приёмника и простоту его эксплуатации, ему ещё долго не будет равных среди современных бытовых приёмников. Ранее модернизированные диапазонные модули прекрасно работают с этим радиотрактом. Однако его возможности реализуются полностью при установке антенного модуля и новых диапазонных планок с другой магнитной антенной. Эти вопросы будут освещены в отдельной статье, так как они касаются новой схемы УВЧ-УПЧ для приёмника "Океан-214".

***От редакции**. Файлы для изготовления печатной платы находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2025/12/trakt-5.zip** на нашем FTP-сервере.*

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

БАШКОРТОСТАН. В Баймаке на частоте 95,1 МГц начала вещание радиостанция "Радио Ашкадар" (источник — URL: **https://vk.com/wall-23672167_1738?w=wall-23672167_1738** (22.10.25)).

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ. 17 сентября 2025 г. началось вещание радиостанции "Европа плюс" в Новоаннинском на частоте 105,6 МГц. Мощность передатчика — 30 Вт (источник — URL: **https://vk.com/volgograd_fmtv?w=wall-67247495_7356** (22.10.25)).

ДНР. В истории радиовещания новых регионов России произошло знаковое событие. Локальной радиостанции "Территория" из г. Снежное впервые присвоен уникальный идентификационный код RDS (PI). Присвоение кода является подтверждением интеграции вещателя в общее радиоинформационное пространство России на основе единых правил. Эти правила установлены "Отраслевым регламентом использования RDS", который был принят Российской Академией Радио и согласован с вещателями (источник — URL: **https://vk.com/wall708005199_2570?w=wall708005199_2570** (22.10.25)).

В Волновахе на частоте 99,5 МГц началось вещание православной радиостанции "Радио ВЕРА" (источник — URL: **https://vk.com/wall-51326921_57935?w=wall-51326921_57935** (22.10.25)).

ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛ. С 20 сентября 2025 г.в Энергодаре стартовало вещание сразу четырёх радиостанций: "Ретро ФМ" (частота вещания — 104 МГц), "Новое радио" (частота вещания — 88,2 МГц), "Юмор ФМ" (частота вещания — 100,1 МГц) и радиостанции Love Radio (частота вещания — 107,5 МГц) (источник — URL: **https://vk.com/wall-190374 31_2953?w=wall-144360217_278** (22.10.25)).

С 5 октября 2025 г. в Энергодаре на частоте 93,2 МГц начала вещание радиостанция "Радио Крым" (источник — URL: **https://vk.com/wall-134632126_59179?w=wall-134632126_59179** (22.10.25)).

ИРКУТСКАЯ ОБЛ. С 1 октября 2025 г. радиостанция "ПИ ФМ" начала вещание сразу в двух городах Иркутской области. На частоте 107,4 МГц — в Усть-Илимске и на частоте 101 МГц — в Тайшете (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__93015/** (22.10.25)).

Радиостанция "Радио Родных Дорог" начала вещание в Братске на частоте 98,7 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-134632126_59180?w=wall-134632126_59180** (22.10.25)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. В Горячем Ключе на частоте 93,8 МГц начала вещание радиостанция "Радио Шансон" (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?offset=10&own=0&w=wall-213136664_2575** (22.10.25)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. В Кингисеппе 17 октября 2025 г. на частоте 92,7 МГц начала вещание радиостанция "Комсомольская правда" (источник — URL: **https://vk.com/wall-67314840_6148?w=wall-67314840_6148** (22.10.25)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. С 23 сентября 2025 г. в Сарове на частоте 88,8 МГц началось вещание радиостанции "Радио Шансон" (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?offset=10&own=0&w=wall-213136664_2575** (22.10.25)).

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

В Кулебаках на частоте 91,9 МГц начала вещание радиостанция "Дорожное Радио" (источник — URL: **https://vk.com/radionnov?w=wall-24242046_7976** (22.10.25)).

ОМСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Маруся ФМ" начала вещание в Калачинске на частоте 105,5 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-230181337_57?w=wall-230181337_57** (22.10.25)).

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ. Во Владивостоке на сопке Буссе начался демонтаж башни высотой 125 м (в советское время здесь была станция радиоглушения, бывшая РВС-5). До недавнего времени оттуда производилось вещание радиостанции "Комсомольская правда" (частота вещания — 90,4 МГц), а также размещались передатчики различных служб и базовые станции сотовых операторов. Уведомления о демонтаже были разосланы арендаторам башни ещё в конце весны (источник — URL: **https://vk.com/tv_fm?w=wall-57714744_15250** (22.10.25)).

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ. С 1 октября 2025 г. в Ставрополе началось официальное вещание радиостанции DFM на частоте 87,8 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-204049665_2061?w=wall-204049665_2061** (22.10.25)).

С 15 октября 2025 г. радиостанция "Русское Радио" начала вещание в городе-курорте Кисловодске на частоте 88,2 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-62613163_25475?w=wall-204049665_2070** (22.10.25)).

ТАТАРСТАН. В Нурлате на частоте 88,1 МГц начала вещание радиостанция "Ретро ФМ". Мощность передатчика — 250 Вт (источник — URL: **https://vk.com/tatarstan_radiotv/lic?w=wall-14553046_59546** (22.10.25)).

В Чистополе радиостанция "Ретро ФМ", вещающая на частоте 106,5 МГц, увеличила мощность передатчика до 1 кВт (источник — URL: **https://vk.com/wall-14553046_59553?w=wall-14553046_59553** (22.10.25)).

ТВЕРСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Русское Радио" начала вещание в Конаково на частоте 91,4 МГц (источник — URL: **https://www.radio-city.fm/blog/russkoe-radio-zazvuchalo-v-konakovo-na-914-fm/** (22.10.25)).

УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛ. В Димитровграде началось вещание радиостанции "Новое радио", частота вещания — 98,3 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-17219610_12677?w=wall-17588636_1611** (22.10.25)).

ИНТЕРНЕТ ВЕЩАНИЕ

1 октября 2025 г. началась история новой интернет-радиостанции "Радио Афродита". Плейлист радиостанции — забытые другими позитивные и танцевальные русскоязычные песни. Во внимании период последних 30 лет. Также в эфире представлены новые версии старых хитов того времени и ремиксы на них (источник — URL: **https://vk.com/radio_achinsk?w=wall-20299281_7299** (22.10.25)).

ПРОВОДНОЕ ВЕЩАНИЕ

В Оренбургской области с 1 октября 2025 г. ПАО "Ростелеком" полностью прекратил работу проводного радиовещания. По данным компании, сеть проводного вещания устарела физически и морально. Радиовещательное оборудование давно изношено и не подлежит восстановлению. Проводное радиовещание требует высоких затрат. Из-за массового отказа абонентов от этой услуги было принято решение о полном её отключении (источник — URL: **https://orenburg.media/?p=503368** (22.10.25)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ИНДОНЕЗИЯ. Индонезия взяла на себя обязательство внедрить систему DRM, и процесс внедрения идёт полным ходом. В рамках процесса цифровизации радиовещания общественная вещательная компания Radio Republik Indonesia (RRI) поможет городу Бандунг внедрить цифровое вещание с DRM, поскольку в этом регионе больше нет частот для вещательных УКВ-радиостанций. В связи с этим стороны подписали "Меморандум о взаимопонимании" (MoU) для повышения качества распространения общественной информации и управления чрезвычайными ситуациями. Благодаря этому сотрудничеству правительство города Бандунг и RRI стремятся обеспечить доступ к обширной, точной и полезной информации для всех жителей города (источник — URL: **https://www.drm.org/drm-newsletter-october-2025/** (22.10.25)).

ИТАЛИЯ. 1 октября 2025 г. Италия уведомила Европейскую комиссию о внесении поправок в закон, требующих от производителей автомобилей оснащать все новые автомобили, включая подключаемые модели без классических автомобильных радиоприёмников, приёмниками как для УКВ, так и для DAB+ радио. В Италии, как и в других странах ЕС, использование DAB+ является обязательным в соответствии с законодательством ЕЕСС с 2021 г., но весной итальянское управление связи AGCOM указало правительству на возможный пробел в итальянском законодательстве. Поправка к закону должна помешать производителям обходить европейские правила, предлагая интернет-радио только через Bluetooth или IP. По данным Министерства предпринимательства и Made in Italy (MIMIT), это вмешательство является дешёвым и соразмерным для обеспечения всеобщего доступа к наземному радио, безопасности дорожного движения и информационного плюрализма (источник — URL: **https://radiovisie.eu/blad-2552-dab-in-italie-voa-open-source-dab/** (22.10.25)).

КАНАДА. Лицензии на вещание канадского радио больше не истекают. Необходимость модернизации радиопроцессов и снижения нормативного бремени для радиовещательных компаний привела к тому, что канадские вещательные органы сделали лицензии на радиовещание открытыми без истечения срока действия. Канадская комиссия по радио и телевидению и телекоммуникациям (CRTC) заявила, что это дерегулирование "сэкономит станциям время и деньги на продление". Ранее максимальный срок лицензии в Канаде составлял семь лет, независимо от типа радиостанции. Изменения в правилах также дают канадским вещателям разрешение на одновременное размещение контента СВ-диапазона на частотах УКВ на одном и том же рынке, хоть и только в течение одного года пробного периода.

После годичного испытательного периода, по словам CRTC, лицензиаты должны будут либо вернуться к своему первоначальному варианту радиовещания, либо подать заявку на отзыв лицензии на вещание на СВ (источник — URL: **https://www.radioworld.com/global/canadian-radio-broadcast-licenses-will-no-longer-expire** (22.10.25)).

США. Четырнадцать общественных радиостанций Аляски, находившихся на грани закрытия из-за сокращения федеральных субсидий, получили экстренную финансовую помощь. Бюро по делам индейцев (BIA) 1 октября 2025 г. объявило о выделении единовременной поддержки в размере 4,5 млн долл. Средства перераспределены из существующих проектов ведомства и направлены на стабилизацию работы радиостанций, обслуживающих коренные племена и отдалённые поселения. Эти деньги помогут сохранить эфир там, где радио остаётся главным источ-

ником информации — особенно для жителей регионов без устойчивого Интернета или с ограниченной мобильной связью. Станции продолжат передавать новости, экстренные оповещения и местные программы, жизненно важные для аляскинских сообществ. Финансовая поддержка стала ответом на последствия июльских решений Конгресса, когда были отменены более миллиарда долларов ранее утверждённого финансирования Корпорации общественного вещания. Это решение сократило ежегодную поддержку радиостанций Аляски примерно на 15 млн долл. и поставило под угрозу их дальнейшее существование. Чтобы смягчить последствия, члены Конгресса и администрация Дональда Трампа согласовали временное перенаправление 10 млн долл. из национального бюджета BIA на станции, обслуживающие племенные территории. Из этой суммы 4,5 млн предназначены именно для Аляски (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__93057/** (22.10.25)).

Хорошего приёма и 73!

Вышла в свет новая книга

Воробейчиков Л. А., Загвоздкина А. В., Шакин В. Н.

Алгоритмизация и программирование. Учебник для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023. — 456 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-1072-0.

Рассмотрены основы алгоритмизации и средства программирования на базе языка высокого уровня C++ в среде Visual Studio, предназначенные для реализации рассматриваемых базовых алгоритмических структур и типовых алгоритмов. Теоретический материал сопровождается многочисленными примерами разработки как отдельных функций C++, так и законченных приложений: консольных и Windows Forms.

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки 09.03.03 — "Прикладная информатика", а также других направлений. Будет полезен широкому кругу читателей, желающих освоить основы алгоритмизации и программирования.

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Ремонт усилителя Pioneer A-602R. Замена переключателя входов

И. ГАВРИЛОВ, г. Пермь

В статье рассказано о замене штатного исполнительного устройства переключателя входов усилителя Pioneer A-602R самодельным электронным коммутатором (ЭК), обеспечивающим более устойчивую работу за счёт использования логической микросхемы и электромагнитных реле. Кроме указанного усилителя, такой ЭК может быть использован в усилителях A-604R, A-702R, A-502R, A-503R, A-504R.

Несколько лет назад я стал обладателем усилителя Pioneer A-602R, который был уже достаточно подержанным и обладал рядом дефектов, что и не удивительно, так как произведён он был в 1993 г. и интенсивно эксплуатировался весь срок службы. Почти все проблемы удалось решить благодаря различным интернет-форумам, посвящённым ремонту электроники. Но одна проблема оставалась нерешённой. Она связана с коммутатором входов. Недостаток проявлялся как кратковременное прерывание звука при работе усилителя.

В усилителе штатный коммутатор состоит из трёх компонентов, первый — устройство ввода (энкодер или пульт ДУ), второй — процессор, третий — исполнительное устройство (собственно переключатель). На интернет-форумах проблема неисправности переключателя обсуждалась, и был предложен вариант её устранения. Надо выпаять исполнительное устройство, почистить его спиртом, нанести смазку, установить обратно, и оно будет работать 5...10 лет. Но эти рекомендации мне не помогали. Я несколько раз выпаивал переключатель, чистил и смазывал разными предназначенными для этого составами. Хватало этих манипуляций на срок от 2 ч до 2 дней, но затем проблемы продолжались по нарастающей. Прерывания звука становились чаще и продолжались всё дольше и дольше (от нескольких секунд до минут). Временно я удалил переключатель и заменил его перемычками, обеспечивающими коммутацию на один вход, и продолжил использование усилителя. И в то же время занялся поисками решения, которое могло бы обеспечить нормальную работу усилителя.

В усилителе используется переключатель модели Alps ASD1017. Он представляет собой электронно-механический коммутатор (далее ЭМК), установленный на плате INPUT ASSY [1, 2]. На валу ЭМК размещены подвижные контакты, обеспечивающие коммутацию с неподвижными контактами, объединёнными в контактные группы (далее КГ). Всего таких КГ четыре (в усилителях серии A-502R—A-504R их три). Вращает вал реверсивный электродвигатель через несколько пластиковых шестерёнок. Управление двигателем осуществляет процессор Pioneer PD5224A путём подачи питающего напряжения разной полярности. Две КГ S701(2/4) и S701(4/4) обеспечивают коммутацию правого и левого каналов (выводы 16—22 и 36—42, соответственно), одна контрольная КГ S701(1/4) (выводы 4—10) и КГ S701 (3/4), обеспечивающая дополнительную коммутацию переключателя записи (выводы 25—32) (в усилителях серии A-502R—A-504R её нет). Подключена эта КГ перед коммутатором записи и предназначена для исключения подачи сигнала записи на тот источник (TAPE2 или TAPE1), который выбран. Проще говоря, если выбран вход TAPE2 как источник, то сигнал записи на этот вход поступать не будет, аналогично и с входом TAPE1. Это ограничение действует только при выборе источника записи SOURCE и на работу других источников записи не влияет.

Информация о том, в каком положении находится вал ЭМК и

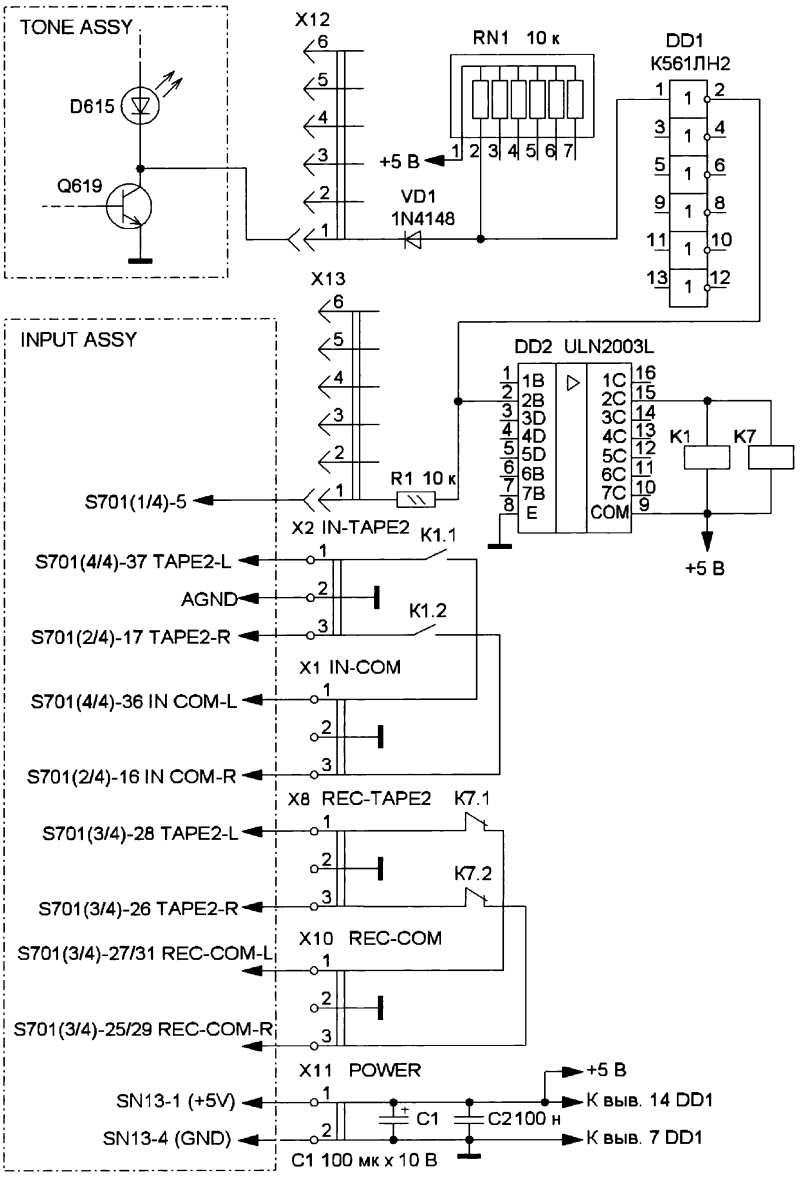


Рис. 1

какой вход выбран, передаётся процессору на выводы 16—21 с контрольной КГ за счёт подачи напряжения +5 В на вывод процессора через резистор R745.

При поступлении сигнала от устройства ввода (энкодера или пульта ДУ) процессор подаёт на двигатель напряжение питания соответствующей полярности до тех пор, пока на нужный вывод не поступит напряжение +5 В от контрольной КГ. Во время этой операции процессор включает функцию MUTE (полное отключение сигнала).

Во время попыток отремонтировать ЭМК я неоднократно разбирал и осматривал его комплектующие. Каких-либо дефектов КГ, сильного износа или следов загрязнений не обнаружил. Причинами его нестабильной работы посчитал всё-таки проблемы из-за плохого контакта (как минимум) контрольной КГ. По этой причине напряжение, поступающее на вывод процессора, оказывается ниже допустимого уровня, процессор это воспринимает так, как будто вал ЭМК сместился и пытается выставить его в нужное положение, ориентируясь на поступающее напряжение. Но из-за плохого контакта (и, следовательно, пониженного уровня напряжения) ему это удаётся лишь после нескольких попыток и на непродолжительное время. Во время таких попыток из корпуса отчётливо слышен шум работы электродвигателя ЭМК. К сожалению, найти документацию на процессор не удалось. Поэтому о логике его работы при переключении входов можно только гадать. В [3] на с. 26, 27 можно найти только описание выводов процессора и их назначение. Исходя из этого предположения, для устойчивой работы ЭМК нужно обеспечить напряжение необходимого уровня на выходах контрольной КГ и затем на выводе процессора.

Эта задача не выглядит сложной. Например, можно было бы попробовать уменьшить номинал резистора R745 или заменить его перемычкой. Кроме того, можно было бы установить повторитель на двух логических элементах НЕ после контрольной КГ для того, чтобы обеспечить устойчивый уровень на выводе процессора при значительных колебаниях уровня на выходе контрольной КГ. Но есть ли в этом смысл? Так как ухудшение качества передачи сигналов, свойственное контрольной КГ, наверняка наблюдается и на сигнальных КГ. Это должно приводить к плавному или резкому изменению уровня звука, вплоть до его пропадания. Это предположение получило подтверждение, поскольку участники обсуждений интернет-форумов сообщали о таких явлениях при устойчивой работе ЭМК в целом.

Кроме этого, были предположения, что к нестабильной работе ЭМК может быть причастно устройство выбора (энкодер). Из-за загрязнений контактов энкодера на процессор поступает неверная информация, а тот, в свою очередь, производит хаотичные переключения ЭМК. Предложения по решению этой проблемы были те же: выпаять, почистить, смазать. Но в моём случае всё ограничилось только смазкой энкодера чистящей жидкостью "Контакт-клинер" при начальной общей профилактике, без выпаивания и разборки. Если бы причина была действительно в энкодере, то при работе усилителя с перемычками вместо ЭМК проблемы, связанные с пропаданием звука, также имели бы место, но их не было. То есть к работе энкодера в моём случае претензий не было.

В ходе сбора информации об ЭМК в Интернете обнаружилась ещё одна очень распространённая проблема — поломка пластмассовых шестерёнок. Отмечаю данный факт как ещё один недостаток ЭМК. Но эта проблема имеет решение, наборы шестерёнок можно приобрести на отечественных или зарубежных маркетплейсах.

В итоге от попыток реанимировать ЭМК я отказался и решил сделать полнофункциональный аналог — электронный коммутатор (ЭК). Его схема на примере одного канала TAPE2 приведена на **рис. 1**. Отличия остальных каналов (TAPE1, LINE, CD, TUNER,

PHONO) приведены в таблице, выложенной на сайте журнала. В качестве устройств коммутации использованы реле Takamisawa RY5W-K, имеющие две группы переключающих контактов (стерео) с номинальным напряжением обмотки 5 В. Это напряжение имеется на плате INPUT ASSY на контакте 1 разъёма SN13 [1, 2]. Выбор в пользу реле был сделан по причине наличия у меня таких реле в необходимом количестве и шагом их выводов 2,54 мм, что удобно для установки на стандартную макетную плату, на которой я и планировал собрать устройство. Всего в устройстве используется восемь реле: шесть — для переключения входов и два — для переключения сигнала записи.

используется в усилителе A-402R [3]. Несмотря на то, что четыре входа коммутируются микросхемой Toshiba TC9164AN, вход CD, как наиболее качественный, коммутируется в обход микросхемы с помощью контактов реле.

Работает устройство следующим образом. Когда индикатор входа выключен (светодиод D615 обесточен), на его катоде будет высокий уровень напряжения и диод VD1 закрыт. Напряжение питания +5 В через резисторную сборку RN1 поступит на вход верхнего по схеме логического элемента НЕ микросхемы DD1 (К561ЛН2). Низкий уровень напряжения с выхода этого элемента поступит на вход 2В транзисторной сборки Дарлингтона DD2 (ULN2003L), выполняющей функ-

рый включает драйвер реле, и на них поступает напряжение питания. Реле K1 подключает вход IN-TAPE2 к общей линии IN-COM, а реле K7 отключает вход REC-TAPE2 от общей линии REC-COM. Сигнал высокого уровня через резистор R1 поступает на процессор, сообщая об успешной коммутации, и процессор отключает функцию MUTE. На схеме показаны точки подключения ЭК к плате INPUT ASSY ЭМК (таблица, колонки 18 и 20). Но есть и альтернативное решение (колонки 19 и 21), поэтому в таблице указаны оба варианта (меткой "′" выделены перемычки, которые могут быть удалены).

Вариантов реализации ЭК было несколько, но я остановился на следующем. Смонтирован-

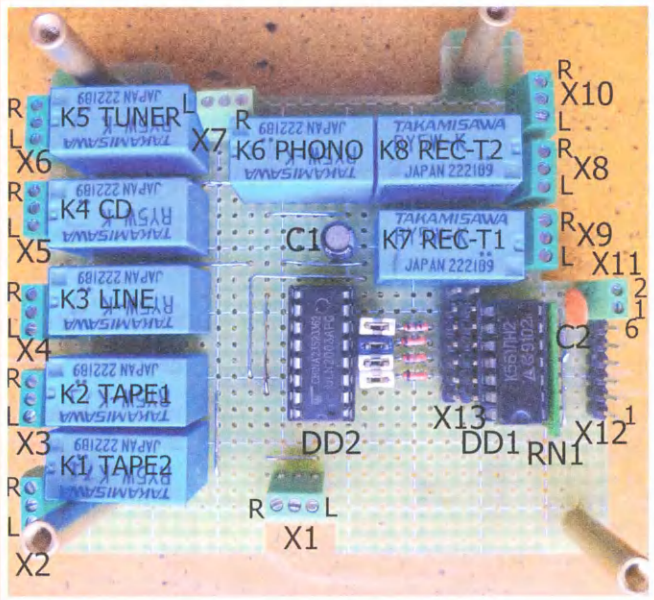


Рис. 2

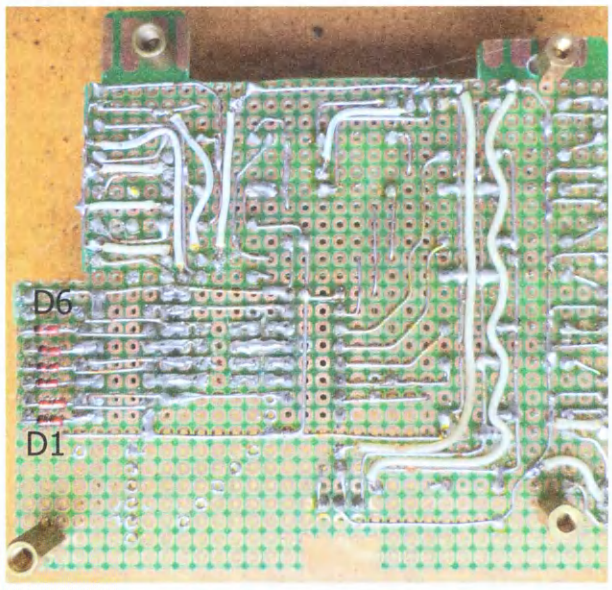


Рис. 3

Радиолюбители, желающие повторить устройство, могут использовать другие типы реле, более компактные. Также возможно использование электронных коммутаторов. Несмотря на некоторую предвзятость в среде аудиофилов к коммутации сигналов с помощью микросхем, хочу отметить, что в усилителях Pioneer более позднего выпуска, в частности A-605R и A-607R, для коммутации сигналов входа и записи используется микросхема Toshiba TC9163AN [4, 5]. Также использование электронных коммутаторов уменьшит габариты устройства и позволит отказаться от микросхемы драйвера реле.

В качестве сигнала для управления работой ЭК используется напряжение на катоде светодиода индикатора выбранного входа усилителя. Такое же решение

цию драйвера реле. Выход 2С в этом случае драйвера неактивен. Реле K1 и K7 обесточены, поэтому вход (IN-TAPE2) отключён от общей сигнальной линии (IN-COM). Через замкнутые контакты реле записи K7 сигналы (REC-TAPE2) подключены к общей линии сигналов. Кроме этого, сигнал низкого уровня через резистор R1 поступает на вход управляющего вывода процессора усилителя.

При переключении входа на линию TAPE2 процессор включает функцию MUTE и подаёт сигнал на включение индикаторного светодиода D615 (TAPE2). В результате напряжение на катоде падает до низкого уровня. Это же происходит на входе верхнего по схеме логического элемента (вывод 1 DD1). На его выходе появится высокий уровень, кото-

ная плата размерами 90×80 мм (**рис. 2**, **рис. 3**) установлена на плате INPUT ASSY (**рис. 4**, **рис. 5**). Сразу хочу оговориться, что размеры платы и расположение деталей не являются оптимальными, поэтому возможно более компактное решение. Так что тут есть место для творчества. Кроме того, на моей плате между микросхемами DD1 и DD2 установлены дополнительные элементы, которых нет на схеме. Это результат предварительных экспериментов. Никаких принципиальных изменений они не вносят. Поэтому эти микросхемы могут быть расположены очень близко друг к другу. Детали ЭК расположены на плате таким образом, чтобы минимизировать длину соединительных проводов. Все соединения деталей на плате выполнены тонким одножильным

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

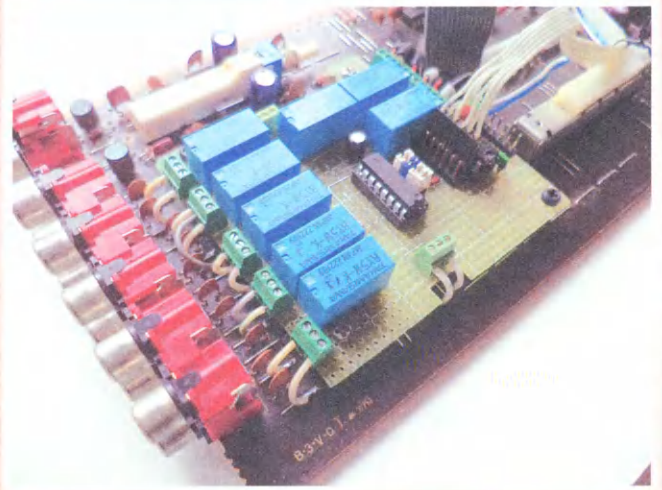


Рис. 4

Рис. 5

или тонким гибким многожильным проводом.

Резисторы R1—R6 (R2—R6 — резисторы в других каналах) являются аналогами резистора R745. Места для их размещения на плате не нашлось, поэтому они установлены в разрыв проводов, соединяющих разъём X13 (ЭК) и S701(1/4) или SN13 (INPUT ASSY).

Разъёмы X12 и X13 — PLS-6. Остальные сигнальные разъёмы — винтовые трёхконтактные клеммники серии DG-308 с шагом выводов 2,54 мм. Центральный контакт соединён с аналоговой землёй и используется для подключения экрана (в случае его применения) сигнального провода. Разъём питания X11 — двухконтактный винтовой клеммник.

Перед установкой платы ЭК желательно убедиться, что напряжение на выходах элементов микросхемы DD1 не менее 4,8 В. При переключении каналов надо измерить сопротивление между каждым входом и выходом для выявления дефектных контактов реле.

После удаления ЭМК с платы INPUT ASSY необходимо удалить конденсатор C727 и перепаять резистор R716 на сторону печатных проводников. Провод экрана (GND—GND) желательно укоротить до разумной длины и уложить максимально близко к поверхности платы. На поверхности под платой ЭК должны остаться только перемычки.

Крепление платы ЭК осуществляется двумя круглыми крепёжными латунными стойками M3 длиной 6 мм, для которых на плате INPUT ASSY необходимо просверлить отверстия, и двумя опорными стойками такого же размера (в моём случае, из нейлона). Крепёжные и опорные стойки расположены по диагонали и поэтому обеспечивают надёжное крепление платы ЭК. Отверстия под крепёжные стойки лучше сверлить со стороны проводников, предварительно выполнив кернение шилом в точке, равноудалённой от ближайших печатных проводников. При установке крепёжных стоек под винты необходимо подложить изолирующие шайбы. Места для установки крепёжных и опорных стоек отмечены на **рис. 6** (крепёжные — красные 17, 19 или 20, опорные — синие 18, 21). Если установке опорной стойки будут мешать резисторы R715 или R711, их можно перепаять на сторону печатных проводников.

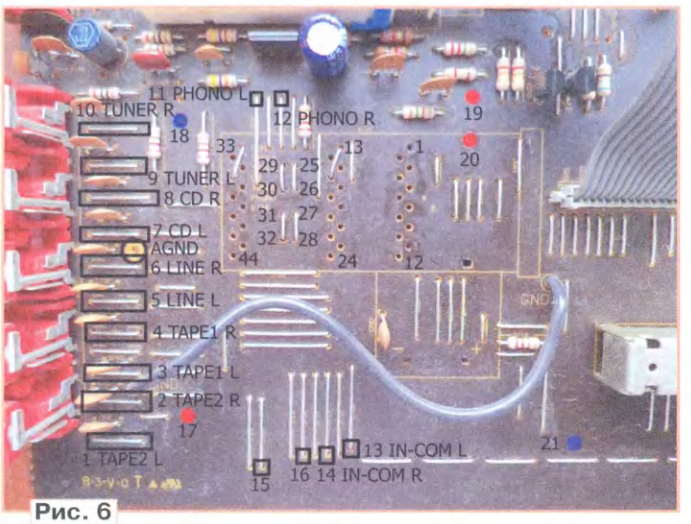


Рис. 6

Провода, соединяющие плату INPUT ASSY и ЭК, можно было бы припаять непосредственно к отверстиям, предназначенным для выводов ЭМК. Но это оказалось неудобно, так как они расположены очень близко друг к другу. Такой вариант может быть использован, если плату ЭК расположить на некотором удалении от платы INPUT ASSY и использовать экранированные провода. Был реализован другой вариант, используя тот факт, что входные гнёзда RCA для подключения внешних источников сигнала расположены вдоль платы и сигналы от них передаются далее по проволочным перемычкам, которые более рационально использовать для подключения. К ним припаивают отрезки изолированного провода, залуженного с двух сторон (см. рис. 4). Для входов LINE, PHONO и выхода IN-COM перемычки можно удалить и провод впаять прямо в отверстия (см. рис. 6, поз. 5, 6, 11—14). В остальных случаях (TAPE2, TAPE1, CD, TUNER) перемычки нужны для передачи сигнала на коммутатор записи.

Ещё есть возможность перепаять конденсаторы C701—C708 на сторону печатных проводников, освободить монтажные отверстия сигнальной линии у разъёмов RCA и впаять соединительный провод в них. Что же касается проводов, относящихся к коммутации записи (см. рис. 6, поз. 25—32), то их придётся выводить от монтажных отверстий вывода ЭМК экрани-

рованным проводом длиной 80...90 мм, так как сигналы по ним передаются в основном по печатным проводникам. Для вывода REC-COM есть две перемычки (см. рис. 6, поз. 15, 16). Я их не использовал, но указываю на них для тех, кто будет разрабатывать свой вариант платы. После монтажа платы ЭК на плату INPUT ASSY соединительные провода зажимают в клеммниках, как показано на рис. 4.

Для подключения проводов контрольной КГ (X13—CN13) используются выводы разъёма CN13 (TONE ASSY),

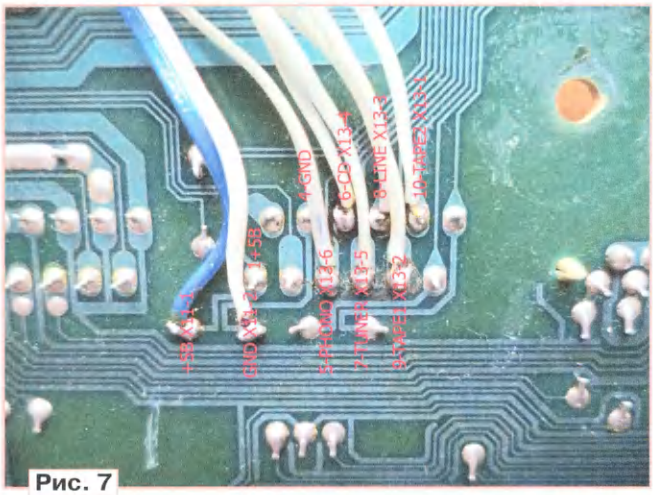


Рис. 7

так и при вращении энкодера. Время переключения определяется только реакцией процессора. Каких-либо ложных срабатываний переключателя и отключения звука во время работы усилителя не замечено.

Предложенный ЭК можно использовать в моделях усилителей A-502R, A-503R, A-504R. В этом случае конструкция будет проще. Во-первых, эти модели имеют всего пять входов. Во-вторых, отсутствует КГ записи. Поэтому достаточно будет всего пяти реле. В-третьих,

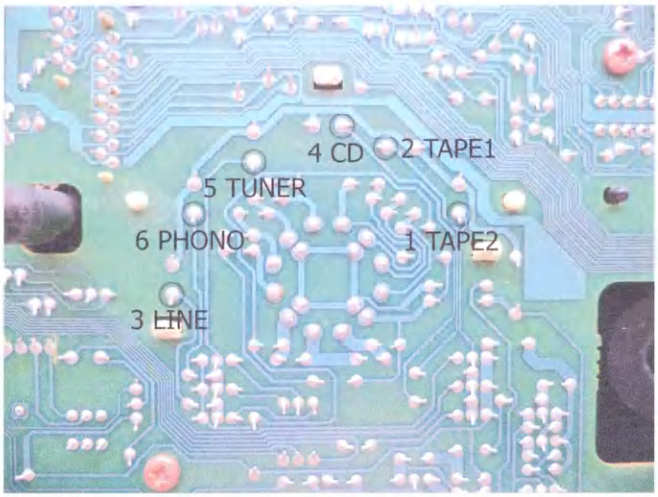


Рис. 8

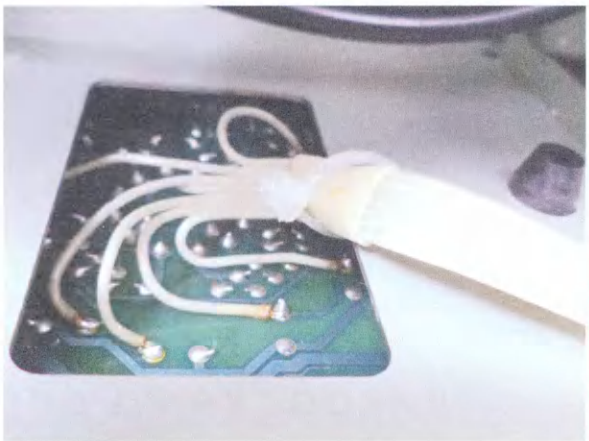


Рис. 9

расположенные на стороне печатных проводников, как показано на **рис. 7** (первая цифра — номер контакта SN13, следующие символы — название канала, последние символы — номер контакта X13). На другой стороне проводов установлен разъём BLS-6. Длина проводов — около 240 мм.

На плате TONE ASSY выводы проводов (TONE ASSY— X12) припаивают к катодам светодиодов со стороны печатных проводников, как показано на **рис. 8**, и выводят через отверстие в экране лицевой панели (**рис. 9**). На другой стороне проводов установлено гнездо BLS-6. Длина проводников — около 400 мм.

После монтажа всех проводов плату ЭК устанавливают на плату INPUT ASSY и подключают все соединительные провода, кроме провода TONE ASSY—X12. Затем плату INPUT ASSY устанавливают в корпус усилителя и фиксируют штатными крепёжными элементами, потом подключают провода TONE ASSY—X12.

ЭМК имеет металлический корпус, подключённый к общему проводу (заземляющей линии). Стоит ли экранировать ЭК или расположенные на нём реле, вопрос риторический. Но я ни разу не видел, чтобы в усилителях Pioneer экранировались реле, взять хотя бы усилитель A-402R.

На плате ЭК, по возможности, между сигнальными линиями проложены проводники, соединённые с общим проводом. При разработке платы желательно между сигнальными проводниками проложить заземлённые проводники, как это сделано на плате INPUT ASSY. Заземляющий провод подключают на плате ЭК к среднему контакту разъёмов X4 или X5. Другой конец провода припаивают к точке AGND (см. рис. 6).

После проведённого ремонта каналы переключаются быстро, без задержек, как с пульта ДУ, возможно отключить работу контрольной КГ (перемычка на выводе 6 процессора). В этом случае резисторы R1—R5 и разъём X13 (ЭК) будут не нужны. Кроме этого, в корпусе над платой INPUT ASSY достаточно свободного места для размещения платы ЭК.

Хочу отметить, что эти модели имеют схожую конструкцию с моделями A-402R, где коммутация осуществляется с помощью микросхемы Toshiba TC9164AN и одного реле. Причём платы в обоих случаях одинаковые. Наиболее рациональным решением, требующим минимальных затрат и усилий, является переделка узла коммутации A-502R согласно схеме A-402R [3].

Использовать ЭК вместо ЭМК в усилителях A-701R, A-501R, A-550R, A-450R нельзя, так как у них отсутствует светодиодная индикация выбранного входа. В этих усилителях выбранный вход обозначается меткой на ручке

моторизованного переключателя входов. Тем не менее заменить ЭМК возможно, но управляющие сигналы потребуется брать из другого источника. Но это тема для отдельной статьи и здесь не рассматривается.

В процессе разработки ЭК для упрощения конструкции и уменьшения числа используемых деталей возникла идея об отключении функции контрольной КГ. Идея эта появилась после изучения схемы усилителя A-402R [3], где контрольная КГ отсутствует. Как я уже отметил выше, тип коммутатора (ЭМК или микросхема) определялся установлением на выводе 6 процессора усилителя соответствующего напряжения (GND — ЭМК, +5 В — микросхема). Я пробовал подавать на вывод 6 CPU своего усилителя напряжения высокого и низкого уровней. Но отключения функции контрольной КГ не произошло. Предположительно дело в том, что в моделях A-602R и A-702R в качестве устройства ввода используется энкодер, а в усилителях A-402R и A-502R — кнопки. Тип устройства ввода определяется напряжением на выводе 5 процессора (GND — кнопки, +5 В — энкодер). Скорее всего, выбор энкодера определяет исполнительное устройство только как ЭМК и не даёт возможности его изменить, т. е. отключить функцию контрольной КГ в усилителях с энкодером невозможно.

После такого неутешительного открытия идея на этом не исчерпалась, и возникло ещё одно предложение. Заключается оно в том, чтобы соединить выводы процессора (напрямую или через резисторы, или используя повторитель на двух логических элементах НЕ) 51—56 с выводами 21—16. Первые представляют собой выводы, управляющие включением индикаторов выбранного входа (высокий уровень), а вторые — входы функции контрольной КГ (высокий уровень). Таким образом, при включении индикатора процессор тут же получал бы информацию о включении входа, соответствующего этому индикатору. В результате проводники 5—10 кабеля J13 (MPU ASSY)—SN13 (INPUT ASSY) становятся источниками управляющих сигналов для драйвера реле, и можно было из схемы ЭК исключить элементы VD1—VD6, RN1, DD1, R1—R6, X13. Но такую возможность я не стал проверять, так как посчитал такие обширные эксперименты с процессором слишком рискованными, а в случае выхода его из строя приобрести его, как отдельный товар, невозможно. Как бы там ни было, я считаю необходимым довести до сведения радиолюбителей, что такая возможность существует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Service manual stereo amplifier Pioneer A-702R/A-602R. — URL: **https://clck.ru/3NqvXB** (25.08.25).

2. Service manual stereo amplifier Pioneer A-604R/A-604R-G. — URL: **https://clck.ru/3Nqvdi** (25.08.25).

3. Service manual stereo amplifier Pioneer A-502R/A-502R-G/A-402R. — URL: **https://archive.org/details/manual_A502R_SM_PIONEER_EN** (25.08.25).

4. Service manual stereo amplifier Pioneer A-607R. — URL: **https://clck.ru/3NqvzA** (25.08.25).

5. Service manual stereo amplifier Pioneer A-605R/A-605R-G/A-505R/A-405R/A405R-G. — URL: **https://dn790003.ca.archive.org/0/items/manual_A605R_PIONEER/A605R_PIONEER_text.pdf** (25.08.25).

От редакции. *Упомянутая в тексте таблица находится по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/12/A-602R.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Микросхема серии 74AC — драйвер для мощных ключевых МОП-транзисторов

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

В настоящее время промышленность выпускает довольно широкую номенклатуру специализированных интегральных микросхем, предназначенных для управления мощными МОП-транзисторами в ключевом режиме — так называемых драйверов. Рассмотрим вкратце причины, по которым вообще возникает необходимость применения микросхем такого типа, а также определим ряд основных требований, предъявляемых к ним.

В теории управление идеальным МОП-транзистором, равно как и БСИТ (IGBT), не должно вызывать проблем, так как в наиболее часто используемом включении по схеме с общим истоком (общим эмиттером) они обладают бесконечно большим входным сопротивлением, нулевой входной ёмкостью и, соответственно, нулевым входным током на любой частоте, т. е. не требуют энергии для переключения и не нагружают управляющий каскад.

В реальности дело обстоит далеко не так. Основной проблемой реальных МОП-транзисторов является ёмкость (входная) затвор-исток, значение которой может достигать единиц и десятков тысяч пикофарад. Типовая частота коммутации, как правило, составляет десятки и сотни килогерц. Учитывая значение порогового напряжения открывания транзистора (не менее нескольких вольт), нетрудно рассчитать среднее значение тока, протекающего через его входную ёмкость. Но это ещё малая часть проблемы, поскольку не является главным обстоятельством. Необходимо обеспечить большую крутизну как фронта, так и спада импульсов управления, поскольку основные потери энергии, связанные с тепловыделением, происходят именно в моменты перехода транзистора из закрытого состояния в открытое и обратно. А скорость нарастания (спада) напряжения на входной ёмкости напрямую определяется током её зарядки (разрядки). Немаловажным фактором также является наличие проходной ёмкости участка затвор-сток, которая, к тому же, подвержена динамическому изменению, обусловленному эффектом Миллера.

Поэтому на практике ток, необходимый для эффективного управления МОП-транзистором в ключевом режиме, в зависимости от мощности может достигать сотен миллиампер и единиц ампер. Очевидно, что для решения этой задачи между логической частью узла управления и

ключом должен быть установлен промежуточный каскад (драйвер) с достаточными мощностью и быстродействием, обеспечивающий требуемые характеристики. Они делятся на драйверы верхнего и нижнего плеча в зависимости от функционального назначения по типу управления транзисторами в мостовых и полумостовых каскадах.

Основные параметры ключевых МОП-транзисторов с вертикальной структурой, такие как сопротивление сток-исток в открытом состоянии, максимальный ток стока, максимальное напряжение сток-исток и входная ёмкость, связаны между собой достаточно простыми, технологически и просто логически объяснимыми качественными зависимостями. Чем больше допустимый ток стока, тем больше размеры кристалла, соответственно, тем больше входная ёмкость. Чем больше допустимое напряжение, тем длиннее канал, больше толщина изолирующего слоя между затвором и каналом и тем меньше входная ёмкость, но и больше сопротивление канала в открытом состоянии. Поэтому ключевые МОП-транзисторы делятся на классы по напряжению и току и оптимизируются по остальным параметрам внутри каждого класса [1].

Типичными представителями драйверов, предназначенных для управления ключевыми МОП-транзисторами с n-каналом, являются микросхемы серий IR21xx, IR44xx от International Rectifier. Например, микросхема IR4426 является двухканальным драйвером нижнего плеча и обладает следующими основными электрическими **характеристиками** [2]:

Напряжение питания V_s, В ..... 6...20
Максимальное выходное напряжение V_o, В ..... V_s
Выходной ток I_o, А, не менее 1,5
Типовое (максимальное) время задержки включения/выключения, нс 85/65 (160/150)
Типовое (максимальное) время нарастания/спада выходного сигнала при ёмкости нагрузки 1000 пФ, нс ... 15/10 (35/25)

Функциональная схема микросхемы IR4426 приведена на **рис. 1**. Драйверы серий IR4427 и IR4428 являются аналогами IR4426 по электрическим параметрам, но отличаются инверсией двух (IR4427) или одного (IR4428) входных сигналов.

Типовая схема подключения мощного ключевого МОП-транзистора к драйверу показана на **рис. 2**. Характерной особенностью является наличие дополнительных элементов R1, R2 и VD1. Каждый из этих элементов выполняет ряд функций. Резистор R1, типовое значение сопротивления которого лежит в интервале 5...30 Ом, во-первых, ограничивает импульсы тока, протекающего через транзисторы выходного каскада драйвера, во-вторых, совместно с входной ёмкостью транзистора VT1 образует ФНЧ, предотвращающий возникновение паразитных колебаний в диапазоне единиц мегагерц и/или выбросов напряжения при больших токах в цепи затвора. В-третьих, совместно с супрессором VD1 он выполняет функцию защиты выходного каскада драйвера от высокого напряжения в случае пробоя мощного транзистора. Как правило, супрессор VD1 изображается на схемах в позиции, показанной в данном случае штриховой линией. При таком включении его основная функция становится неочевидной, и он воспринимается главным образом как элемент защиты участка затвор-исток VT1 от повышенного напряжения со стороны драйвера. Между тем допустимое напряжение затвор-исток мощных МОП-транзисторов, как правило, превышает максимальное напряжение питания драйвера, да и взяться повышенному напряжению в выходной цепи драйвера при типовых схемах включения просто неоткуда. А вот возникновение в этой цепи импульсов высокого напряжения, обусловленных наличием всё тех же межэлектродных ёмкостей МОП-транзистора, в ходе коммутационных процессов или в случае неоднородного пробоя его структуры не только вполне возможно, но и регулярно происходит на практике.

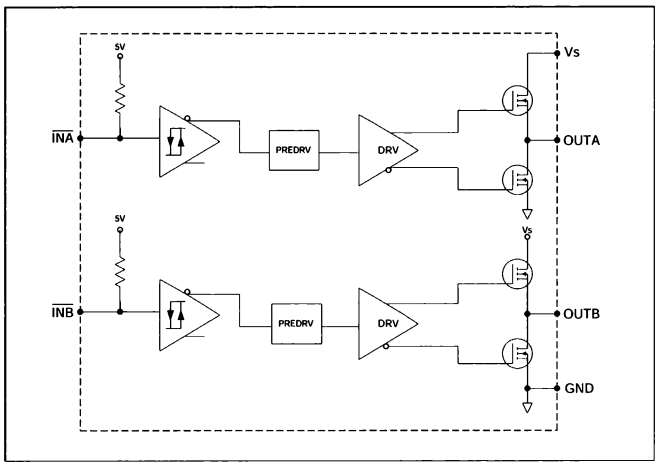


Рис. 1

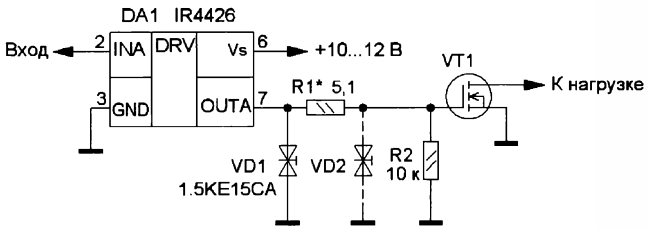


Рис. 2

Использование именно супрессоров, а не обычных стабилитронов более предпочтительно, так как супрессоры обладают быстродействием порядка нескольких наносекунд. Резистору R1 в такой ситуации полагается попросту сгореть, поэтому его номинальная мощность не должна быть большой, обычно применяются резисторы мощностью 0,125...0,25 Вт в зависимости от конкретных режимов работы, имеющие к тому же меньшую собственную индуктивность. Резистор R2 обеспечивает нулевой потенциал на затворе относительно истока при разрыве выходной цепи драйвера по любой причине. Физически резистор R2 должен располагаться в непосредственной близости к выводам транзистора VT1. Типовое сопротивление этого резистора — 10...15 кОм.

Практически всем представителям микросхем рассматриваемого класса свойственны некоторые недостатки, наиболее существенным из которых является сильное искажение формы управляющего импульса при работе на комплексную (индуктивно-ёмкостную) нагрузку. Между тем, этот фактор имеет большое значение при необходимости гальванической развязки с применением разделительных импульсных трансформаторов (ИТ). Такой способ управления МОП-транзисторами, включёнными по мостовой и полумостовой схеме, обладает рядом преимуществ перед распространённым способом с

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

использованием плавающего источника питания верхнего плеча. Во-первых, отпадает необходимость в самом наличии такого источника. Во-вторых, обеспечивается полная гальваническая развязка мощного выходного каскада и цепей управления. В-третьих, в случае повреждения выходного каскада драйвера мощный транзистор останется в закрытом состоянии, так как между ним и драйвером отсутствует связь по постоянному току. Наиболее существенным недостатком каскадов с ИТ являются их увеличенные габариты.

Рассмотрим осциллограммы напряжений на выходе драйвера серии IR4426 при подключении к затворам транзисторов серии xxx60N06. Длительность развёртки — 2 мкс/дел. Транзисторы работают при напряжении сток-исток $U_{си}$ = 24 В с амплитудой тока стока 10 А и частотой переключения около 90 кГц. Типовое значение ёмкости затвор-исток транзисторов указанного типа $C_{зи}$ = 2300 пФ при $U_{си}$ = 25 В и $U_{зи}$ = 0 В [3]. Для получения наиболее достоверных результатов измерений скорости нарастания/спада напряжения на затворе резисторы R1 заменены перемычками, супрессор VD1 также не установлен, а осциллограммы снимались с подключением щупов параллельно резистору R2, т. е. непосредственно к выводам истока и затвора мощного МОП-транзистора.

На **рис. 3** показана осциллограмма в случае прямого подключения выхода одного канала драйвера к затвору одиночного

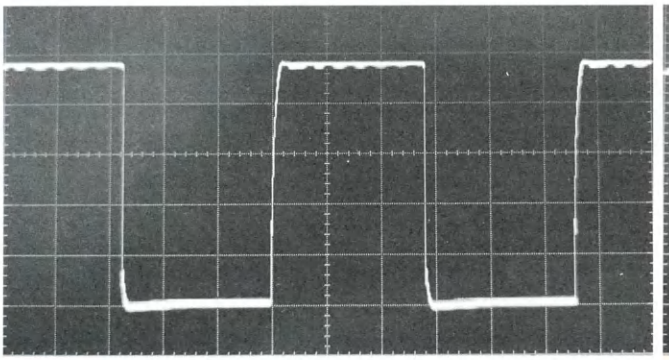


Рис. 3

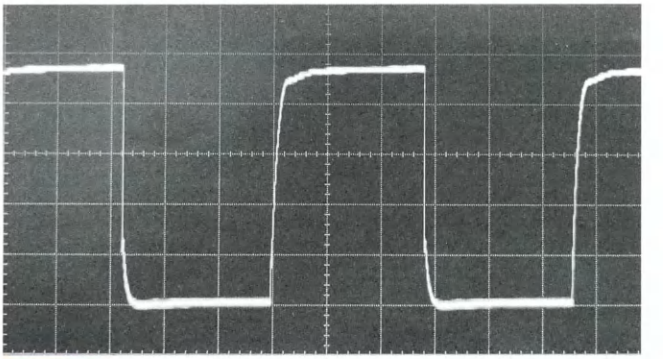


Рис. 4

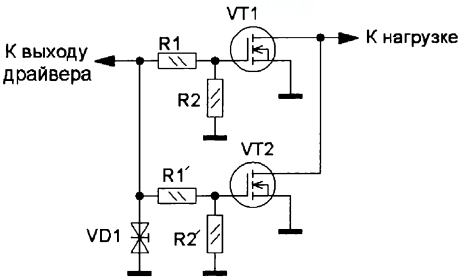


Рис. 5

МОП-транзистора в соответствии со схемой, приведённой на рис. 2, при напряжении питания драйвера +10 В. Сигнал имеет очень хорошую форму. Время нарастания импульса составляет $t_н$ = 250 нс по уровню 0,9 (по уровню 0,7$t_н$ = 150 нс). Время спада $t_с$ не превышает 40 нс. Данные по времени нарастания выходного напряжения до различных уровней полезны для оценки условий работы транзисторов, имеющих разные напряжения открывания затвор-исток.

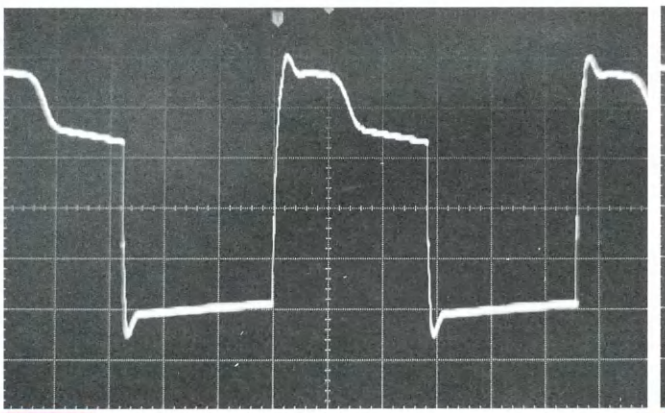


Рис. 6

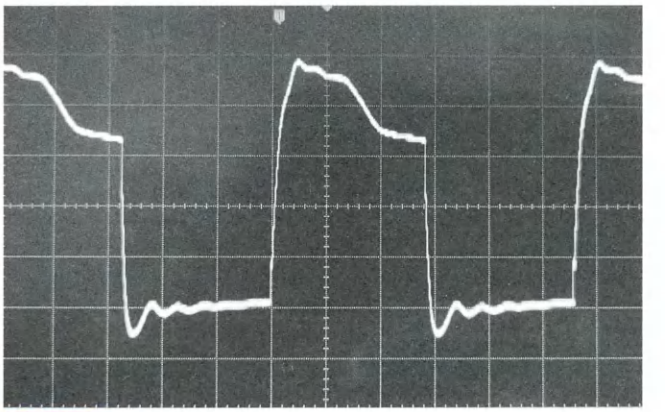


Рис. 8

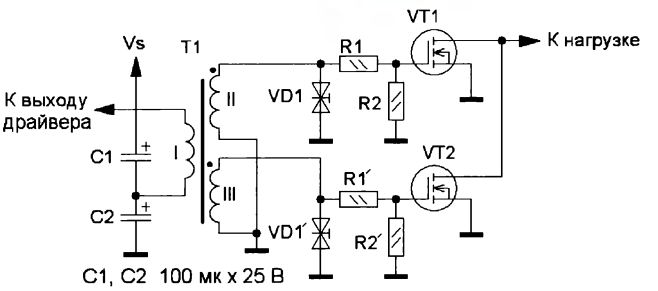


Рис. 7

Здесь и далее по тексту в качестве основного значения приводится время нарастания/спада по уровню 0,9, в скобках — по уровню 0,7.

На **рис. 4** показана осциллограмма при подключении одного выхода драйвера к двум параллельно соединённым МОП-транзисторам. Видно, что при прочих равных условиях время нарастания увеличилось

почти вдвое, до 400 нс (250 нс). Следует отметить, что параллельное включение мощных транзисторов на практике целесообразно осуществлять по схеме, приведённой на **рис. 5**, с независимыми резисторами в цепях затворов. Такое включение, кстати, позволяет использовать только один супрессор для всей группы транзисторов.

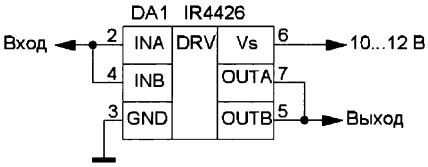


Рис. 9

$t_н$ = 650 нс (350 нс), $t_с$ < 300 нс.

Параллельное соединение выходов драйверов одной микросхемы по схеме, приведенной на **рис. 9**, позволяет несколько улучшить параметры сигнала: $t_н$ = 200 нс (150 нс) при работе на затвор одиночного транзистора (**рис. 10**) и $t_н$ = 430 нс (300 нс) при подключении двух транзисторов к отдельным вторичным

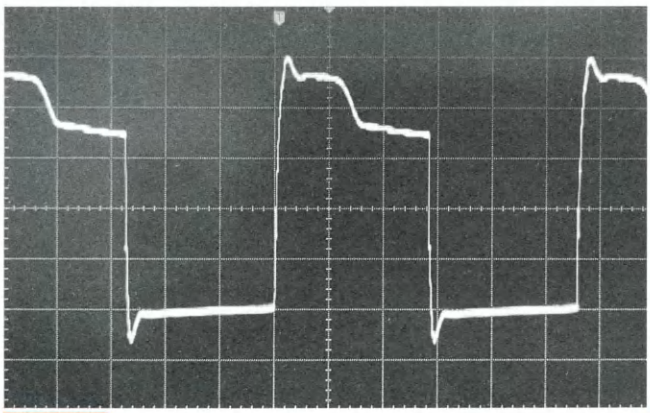


Рис. 10

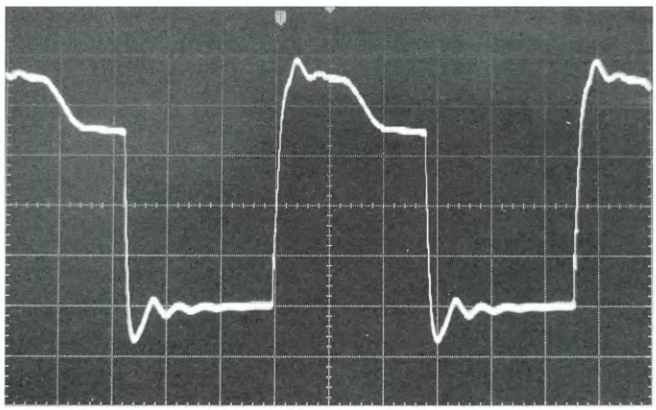


Рис. 11

При попытке использования ИТ с подобными интегральными драйверами ситуация резко меняется в худшую сторону, что видно на **рис. 6**. Общий принцип управления несколькими ключевыми транзисторами с помощью одного ИТ проиллюстрирован на **рис. 7**. В этом случае к выходу драйвера подключают первичную обмотку ИТ с индуктивностью 200 мкГн (интервал типовых значений индуктивности — 100...400 мкГн). Вторичные обмотки подключены к затворам и истокам МОП-транзисторов. Коэффициент трансформации $K_{тр}$ = 1:1 по каждой группе обмоток. На рис. 6 приведена осциллограмма при использовании одиночного транзистора. Даже в этом случае импульс сильно искажается и приобретает ступенчатую форму. При этом время

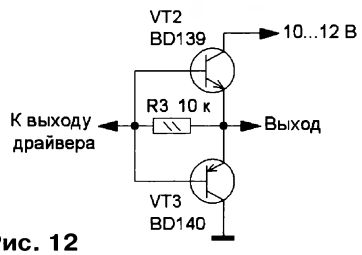


Рис. 12

нарастания/спада импульса меняется не столь критичным образом, как его форма: $t_н$ = 250 нс (200 нс), $t_с$ < 100 нс. Картина довольно типична для различных сочетаний указанных выше драйверов и МОП-транзисторов. Подключение двух транзисторов к отдельным вторичным обмоткам ($K_{тр}$ = 1:1:1) ещё более усугубляет ситуацию (**рис. 8**). В этом случае обмоткам ИТ с $K_{тр}$ = 1:1:1 (**рис. 11**). Форма сигнала существенно не изменяется, но при увеличении общей ёмкости нагрузки или индуктивности обмоток ИТ приближается к колоколообразной.

Следующая попытка улучшения формы сигнала заключается во включении буферного эмиттерного повторителя на комплементарной паре биполярных транзисторов серий BD139, BD140 между выходом драйвера и первичной обмоткой ИТ (**рис. 12**). Результаты продемонстрированы на **рис. 13** (для одного МОП-транзистора) и **рис. 14** (для двух МОП-транзисторов с затворами, подключёнными к отдельным вторичным обмоткам). Соответствующие значения $t_н$ = 180 нс и $t_н$ = 300 нс являются приемлемыми. Однако наблю-

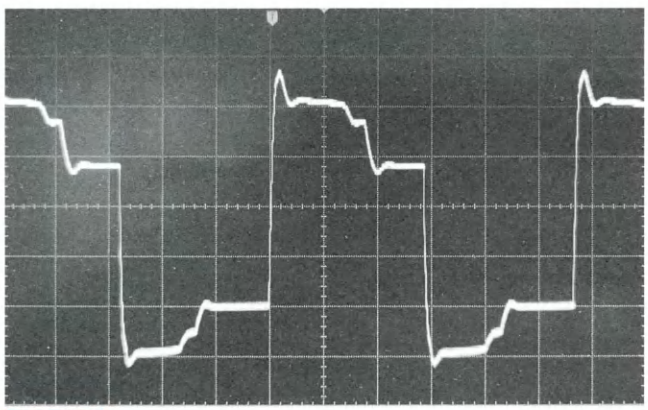


Рис.13

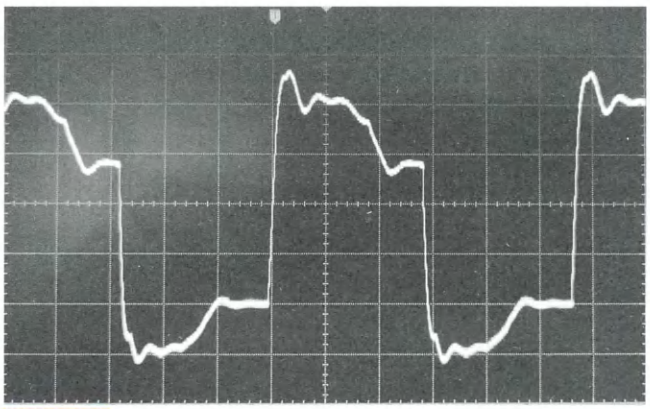


Рис. 14

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

даемая форма сигнала не позволяет рекомендовать такой способ управления.

На основании изложенного выше можно сделать вывод о том, что в общем случае не желательно применение драйверов распространённых серий IR21xx, IR44xx в каскадах с гальванической развязкой посредством ИТ. Поиск возможных решений в этом направлении привёл к полузабытому варианту использования буферных КМОП-элементов

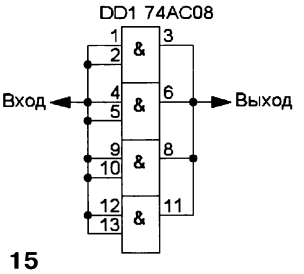


Рис. 15

импульса не превышает 40 нс. **Рис. 17** иллюстрирует работу того же каскада на два параллельно соединённых одноименными выводами МОП-транзистора, при этом $t_н \le 130$ нс, $t_c \le 30$ нс. Как говорится, комментарии излишни.

Рассмотрим теперь параметры такого каскада при работе на комплексную индуктивно-ёмкостную нагрузку в случае применения ИТ. На **рис. 18** приведена осциллограмма при под-

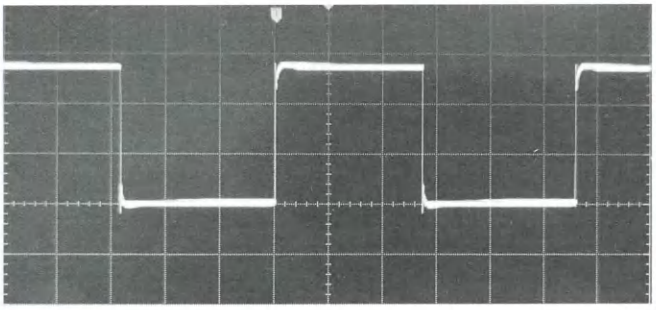


Рис. 16

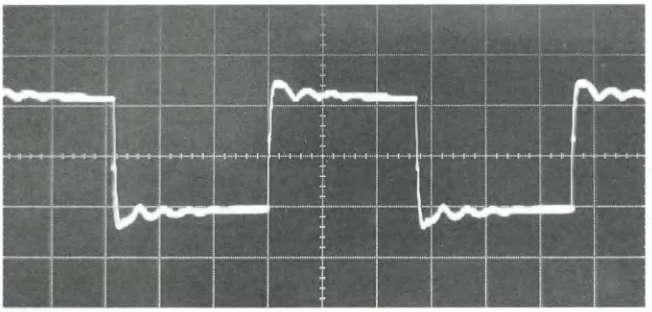


Рис. 18

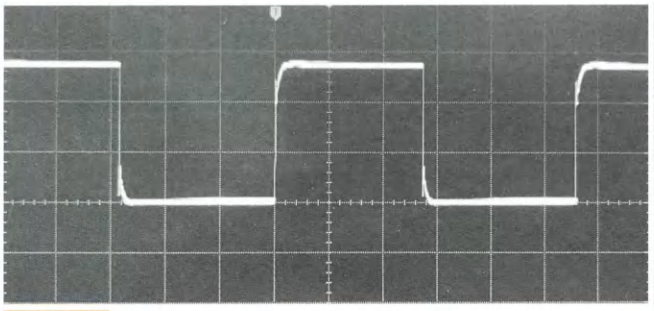


Рис. 17

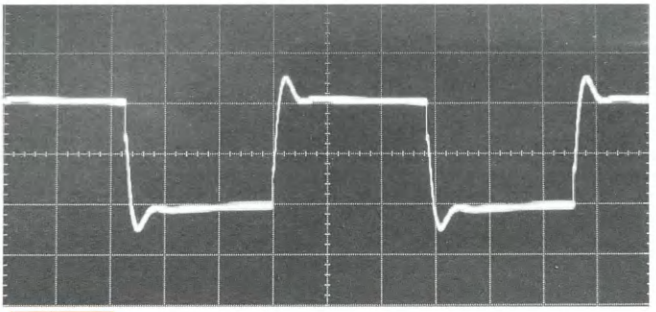


Рис. 19

отечественных микросхем серии К1564 (или импортных 74AC08, 74AC00) для управления мощными БСИТ, который автор апробировал ещё в далёкие 1990-е, когда интегральные драйверы серии IR2110 только начинали своё триумфальное шествие и были малоизвестной и труднодоступной экзотикой. Такое решение, разработанное уже на современной элементной базе, и предлагается вниманию читателей.

Основой является буферный каскад на КМОП-микросхеме серии 74AC08 (74AC00), все четыре логических элемента 2И (2И-НЕ) которой соединены параллельно по входу и выходу (**рис. 15**), чтобы обеспечить достаточный ток нагрузки. Элементы КМОП, как следует из самого названия, построены на комплементарных МОП-транзисторах, и следует ожидать, что влияние типа нагрузки на параметры выходного импульса будут минимальными. Микросхемы модификации АС обеспечивают наибольший выходной ток и наименьшую задержку распространения сигнала среди всех микросхем 74-й серии. Справочная нагрузочная способность каждого элемента составляет ±50 мА [4, 5], а всего буферного каскада — до 200 мА. Это является абсолютным максимумом среди логических элементов серии 74AC, вдвое превышая типовые значения, что вполне сравнимо с нагрузочной способностью шинных формирователей этой серии (–32/64 мА). На первый взгляд, это кажется достаточно скромным значением на фоне паспортных данных специализированных интегральных драйверов, однако, не будем спешить с выводами и посмотрим, как ведёт себя такой каскад с реальной нагрузкой в аналогичных условиях.

На **рис. 16** показана осциллограмма в случае непосредственного подключения объединённого выхода буферного каскада из четырёх элементов 74AC08 при напряжении питания 6 В к затвору одиночного МОП-транзистора. Сигнал имеет практически идеальную форму. Как время нарастания, так и время спада

включении одного МОП-транзистора к выходу буферного каскада через ИТ с индуктивностью обмоток 200 мкГн и $K_{тр}$ = 1:1. $t_н \approx t_c$ <100 (70) нс. Импульс сохраняет в целом хорошую форму, хотя, наряду с этим, регистрируются ВЧ-колебания с частотой на порядок больше частоты переключения и амплитудой на порядок меньше амплитуды полезного сигнала. Здесь уместно отметить, что наличие паразитных колебаний с небольшой амплитудой, как в данном случае, так и в случае с использованием любых других драйверов, является допустимым фактором в силу следующих причин. Во-первых, если минимальное напряжение сигнала в зоне таких колебаний лежит выше напряжения полного открывания МОП-транзистора, то их влияние на состояние транзистора пренебрежимо мало. Во-вторых, типовое подключение затвора к управляющему выводу осуществляется через последовательно включённый резистор сопротивлением 5...30 Ом. Этот резистор, в частности, обеспечи-

вает улучшение формы сигнала за счёт фильтрации паразитных ВЧ-колебаний ФВЧ, образуемым его сопротивлением и входной ёмкостью МОП-транзистора. Очевидно, что резистор оказывает влияние и на крутизну фронтов сигнала, поэтому следует выбирать компромиссное значение его сопротивления.

Максимально допустимое напряжение питания микросхем серии 74AC — 7 В. На практике целесообразно ограничить его значением 6...6,8 В. Такого напряжения может быть недостаточно для надёжного открывания мощного МОП-транзистора. В частности, применённые транзисторы серии xxx60N06 работают с таким драйвером нормально, а некоторым типам транзисторов с заявленным напряжением открывания 4...5 В реально требуется 7...9 В для полного перехода в открытое состояние. Для исключения зависимости от этого параметра обычно рекомендуется выбирать амплитуду управляющих импульсов 10...12 В. Для достижения этой цели необходимо использовать повышающий ИТ с $K_{тр}$ = 1:2. Следует помнить, что при этом ток в первичной обмотке будет превышать сумму токов во всех вторичных обмотках в $K_{тр}$ раз (в идеальном случае без учёта КПД трансформатора).

На **рис. 19** показана осциллограмма напряжения при использовании такого ИТ с индуктивностью первичной обмотки 200 мкГн. Вторичная обмотка нагружена на участок затвор-исток одиночного транзистора. При этом $t_н \approx t_с < 200$ (150) нс. Наблюдается небольшой одиночный выброс в начале каждого импульса независимо от его полярности. И, наконец, **рис. 20** иллюстрирует случай использования ИТ с индуктивностью первичной обмотки 200 мкГн и $K_{тр}$ = 1:2:2 при подключении затворов двух транзисторов к отдельным вторичным обмоткам $t_н \approx t_с < 500$ (300) нс, т. е. и в этом наиболее тяжёлом случае составной буферный каскад уверенно демонстрирует достаточно хорошие качества и превосходство над специализированными драйверами в смысле получения лучшей формы импульса, обеспечивая наибольшее её приближение к прямоугольной форме. Фильтрация одиночных выбросов осуществляется тем же способом, что и паразитных колебаний, т. е. подключением резистора сопротивлением 5...30 Ом последовательно в цепь затвора каждого МОП-транзистора.

Для сравнения проведён анализ работы драйверов серии IR4428 при минимальном напряжении питания 6 В. На **рис. 21** показана осциллограмма сигнала при прямом подключении выхода

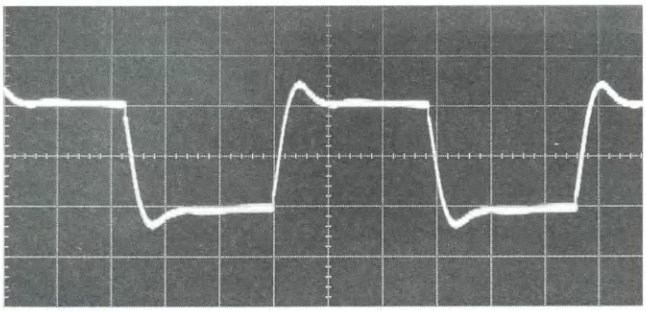


Рис. 20

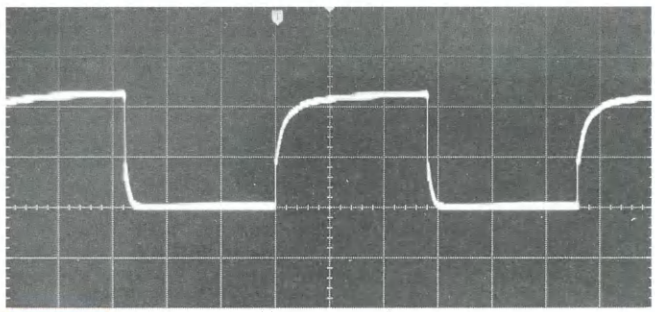


Рис. 23

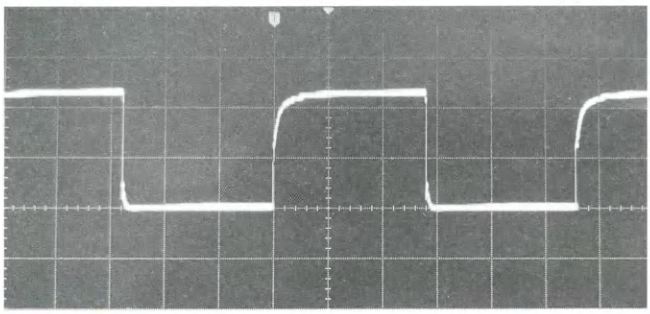


Рис. 21

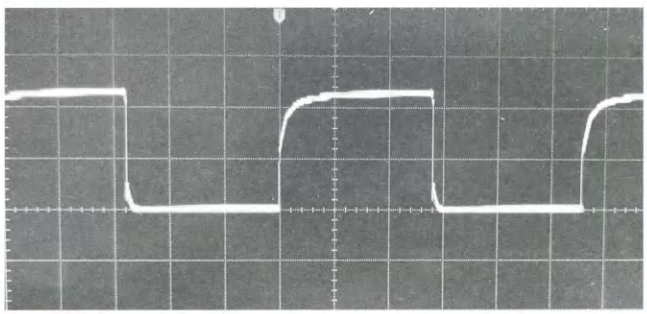


Рис. 24

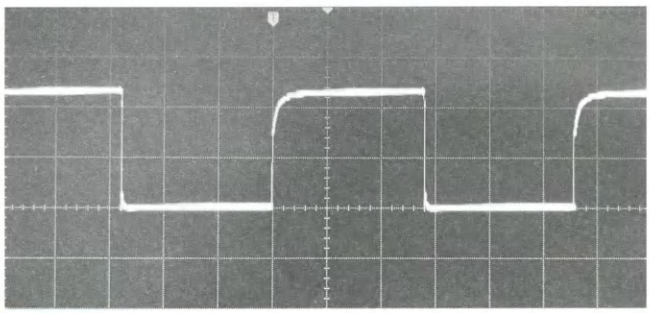


Рис. 22

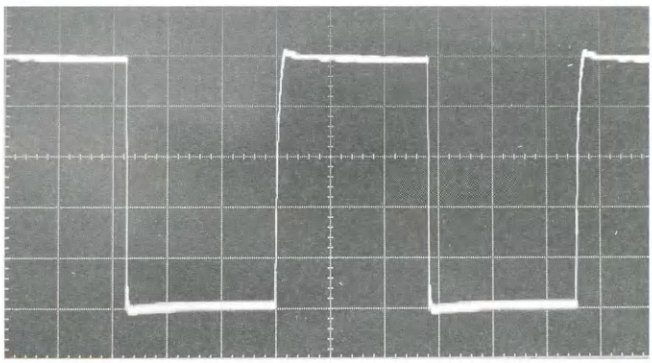


Рис. 25

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

драйвера к затвору одиночного транзистора: $t_н$ = 350 (200) нс, $t_с$ < 40 нс. На **рис. 22** — при прямом подключении двух параллельно включённых каналов микросхемы драйвера к затвору одиночного транзистора, при этом $t_н$ < 270 нс (100 нс), $t_с$ < 30 нс. На **рис. 23** — при прямом подключении выхода драйвера к затворам двух параллельно соединённых транзисторов: $t_н$ = 800 нс (<250 нс), $t_с$ < 200 нс. На **рис. 24** — при прямом подключении двух параллельно работающих драйверов к затворам двух параллельно соединённых транзисторов: $t_н$ = 550 (<200) нс, $t_с$ < 100 нс.

Можно констатировать, что при пониженном напряжении питания и прямом подключении к затворам параллельная работа специализированных интегральных драйверов позволяет уменьшить время нарастания/спада примерно в 1,5 раза (как и в описанном ранее случае с комплексной нагрузкой). В то же время при напряжении питания 10 В и более это не даёт ощутимого эффекта, за исключением некоторого уменьшения амплитуды паразитных ВЧ-колебаний, что можно наблюдать на графике **рис. 25** ($t_н$ = 250 нс при прямом подключении к затвору одиночного транзистора), сравнив его с рис. 3.

Таким образом, общими рекомендациями для выбора того или иного типа драйвера можно считать следующие:

— специализированные интегральные драйверы (например, серий IR21xx, IR44xx) могут быть использованы при прямом подключении затворов к выходу драйвера, при преимущественно ёмкостном характере нагрузки, для которого они оптимизированы. Их использование не является оптимальным при индуктивной или комплексной нагрузке;

— параллельное включение выходов драйверов IR21xx, IR44xx при напряжении питания более 10 В и прямом подключении нагрузки не даёт преимуществ перед одиночным подключением (в остальных случаях позволяет уменьшить длительность фронтов до 1,5 раза);

— применение для драйверов IR21xx, IR44xx симметричного буферного каскада на комплементарных биполярных транзисторах при подключении к ИТ несколько повышает скорость нарастания напряжения (с 250...300 до 150...180 нс на один затвор), но сохраняет общие искажения формы импульса. Его применение целесообразно только при недостаточном выходном токе драйвера;

— составной драйвер на основе логических элементов 74AC00/08 является универсальным по типу нагрузки и обеспечивает при равных условиях преимущество по скорости нарастания напряжения в несколько раз и безусловное преимущество в обеспечении формы напряжения при комплексной нагрузке. При недостаточном выходном напряжении для надёжной коммутации транзисторных ключей можно использовать повышающий ИТ.

Составной буферный каскад на четырёх элементах 74AC00, 74AC08 по ряду параметров демонстрирует уверенное превосходство над специализированными интегральными драйверами серий IR21xx, IR44xx. При использовании 74AC00 следует помнить, что её элементы являются инвертирующими (2И-НЕ).

ЛИТЕРАТУРА

1. Power MOSFET. — URL: **https://ultimatepopculture.fandom.com/wiki/Power_MOSFET** (17.08.25).
2. R4426/IR4427/IR4428. — URL: **https://www.farnell.com/datasheets/2820290.pdf** (17.08.25).
3. NTP60N06, NTB60N06 Power MOSFET. — URL: **https://www.farnell.com/datasheets/86076.pdf** (17.08.25).
4. 74AC00, 74ACT00 Quad 2-Input NAND Gate. — URL: **https://www.farnell.com/datasheets/88842.pdf** (17.08.25).
5. 74AC08, 74ACT08 Quad 2-Input AND Gate. — URL: **https://www.farnell.com/datasheets/163070.pdf** (17.08.25).

Из истории отечественного телевидения

А. ЧЕЧНЕВ, колледж связи № 54, г. Москва

Одновременно с этим завод в г. Арнштадте вёл разработку и выпуск радиовещательных приёмников, громкоговорителей (**фото 21**), звукоснимателей с сапфировыми иглами, непроволочных сопротивлений и конденсаторов различной конструкции и назначения. В этой области были достигнуты большие успехи.

Завод светящихся материалов в г. Штайнбах (Тюрингия) занимался разработкой и производством люминофоров для кинескопов, осциллографических трубок и люминесцентных ламп. Общее производство люминофоров, изготовляемых предприятием, ежемесячно достигало 200 кг. Научно-исследовательской группой предприятия велись разработки люминофоров для трубок с кратковременным (0,001 мс) и длительным послесвечением. Конденсаторный завод в г. Гера, располагавший высококвалифицированным техническим персоналом и имевший хорошо оборудованные

Фото 21

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2025, № 10, 11

Фото 22

венным накалом, который показал хорошие результаты и должен был быть рекомендован к производству в СССР. Ежемесячно завод (**фото 23**) выпускал:

— осциллографические трубки — 1000 шт.;

— телевизионные трубки — до 200 шт.;

— пентоды для узлов развёртки — до 300 шт.;

— электрометрические лампы — 100 шт;

— кенотроны — 1500 шт.

Как понятно из приведённого выше, филиал ВНИИТ обладал

№ № темы	Наименование работы	Руководитель.	Разработчик.	Количество специалистов и трудоемкость. Доктора, инженеры и техники. К-во	Ч.м.	Конструктора. К-во	Ч.м.	Всего специалистов. К-во	Ч.м.	Рабочие Кел.мес.
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
33	Разработка металлокерамического триода для непрерывной генерации длин воли до 6 см.	др. Ортель	инж. Никель	7	66	I	8	8	74	I50
34.	Разработка металлокерамического триода для λ =20 см типа ЛД 6	"	"	4	7	I	I	5	8	I3
35.	Окончание разработки осциллографической трубки на скорость записи до 50000 км/сек.	инж. Байер.	др.Хаценберг инж. Вендерот.	6	48	2	I8	8	66	II7
36-I	Разработка технологии для серийного производства кинескопов с диаметром экрана в 9 дюймов.	"	инж. Байер " Бентин	6	I4	I	5,5	7	I9,5	75
36-2	То же с диаметром экрана I2 дюймов	"	"	6	I5	I	5,5	7	20,5	75
37	Разработка телевизионного проекционного кинескопа на 625 строк и напряжение 40-50 киловольт.	"	инж.Байер	6	45	I	4,5	7	49,5	75
38	Разработка проекционного кинескопа с диаметром экрана 5" на 625 строк	"	"	7	33	I	4	8	37	74

Фото 23

научно-исследовательские лаборатории и производственные цеха, успешно проводил научно-исследовательские работы в области разработки конденсаторов и осуществлял их массовый выпуск применительно к нуждам филиала ВНИИТ. Завод производил электролитические (оксидные), высоковольтные, стирофлексные, бумагомасляные и бумажные конденсаторы, а также высокочастотные магнитопроводы. Месячная производительность завода выражалась в 600 тыс. шт. различных типов конденсаторов. Здесь также были разработаны технологии по производству металлобумажных конденсаторов, включая технологию металлизации бумаги, керамики и других диэлектриков. Оборудование для этих целей тоже было разработано здесь.

Вакуумное производство филиала ВНИИТ размещалось в г. Горнсдорфе (Саксония) и представляло собой небольшой завод, принадлежавший ранее фирме АЕГ. Предприятие имело хорошо оборудованные мастерские и научно-исследовательские лаборатории. Основной продукцией были осциллографические трубки различного назначения, одно- и двухлучевые с экраном диагональю до 150 мм (**фото 22**), кенотроны, электрометрические лампы.

Разработки, проведенные филиалом ВНИИТ"а,являются чрезвычайно актуальными и важными.

Во исполнение Постановления Совета Министров СССР образцово и в кратчайший строк проведен демонтаж всех предприятий филиала ВНИИТ"а; все оборудование, полуфаб, детали, материалы и техническая документация комплектно и в полном порядке привезены в город Ленинград и переданы НИИ-380.

Одновременно привезена большая группа иноспециалистов, работавших в филиале ВНИИТ"а на наиболее важных участках.

Использование опыта филиала ВНИИТ"а и введение в эксплоатацию всего оборудования позволит значительно повысить уровень отечественной телевизионной техники, особенно в области производства телевизионных трубок и люминофоров.

Фото 24

Именно поэтому сюда и было передано производство кинескопов и выходных пентодов RF1. Научно-исследовательской группой предприятия дополнительно была проведена разработка пентода для узла развёртки с косвенным накалом, который показал хорошие результаты и должен был быть рекомендован к производству в СССР. Ежемесячно завод (**фото 23**) выпускал:

— осциллографические трубки — 1000 шт.;

— телевизионные трубки — до 200 шт.;

— пентоды для узлов развёртки — до 300 шт.;

— электрометрические лампы — 100 шт;

— кенотроны — 1500 шт.

Как понятно из приведённого выше, филиал ВНИИТ обладал полным комплексом предприятий, обеспечивающих его самостоятельную работу. Все эти предприятия, начиная с октября 1947 г. были демонтированы и переданы вместе с 53-я ведущими немецкими специалистами в НИИ-380 (**фото 24**).

Собственно НИИ-380 был создан Постановлением Совета Министров СССР от 14 июля 1947 г. № 2477-758сс на базе:

— завода Сименс-Радио с институтом телевидения "Ферн-

3. Не позднее 1 июня 1948 года полностью восстановить в Советском Союзе все лаборатории, подсобные мастерские и производственные цеха, вывозимых из Германии, предприятий, обеспечив работу немецких специалистов на тех же участках с прикомандированием к ним советских инженеров.

Демонтаж предприятий в Германии был задержан и оборудование поступило в Ленинград только в июле-августе 1948 г. в связи с чем срок восстановления вывезенных предприятий был перенесен на декабрь 1948 года.

Фото 25

зее-Бош" из г. Арнштадта и их филиалами в г. Гера, Лангевизен и Штейнбах;

— физико-технической лаборатории фирмы АЕГ в г. Тальгейм и пос. Горнсдорф;

— Ленинградского телевизионного института (Лесное, дорога в Сосновку, 14);

— специального конструкторского бюро № 833 (Щёлково, Московская обл.) (**фото 25**).

На НИИ-380, состоявшим на момент создания из 17 лабораторий, было возложено проведение научно-исследовательских работ по телевизионной технике и технике радиовещания, а также выполнение конструкторских разработок, изготовление опытных образцов и производство малых серий:

— передающей и приёмной телевизионной аппаратуры для военных целей (управление на расстоянии реактивным вооружением, самонаводящихся торпед и подобным);

— электроннолучевых трубок, специальной радиоаппаратуры, конденсаторов, сопротивлений и других деталей и материалов для телевизионной аппаратуры;

— передающей и приёмной телевизионной аппаратуры для широковещательных целей (**фото 26**).

Разработанные и привезенные в Советский Союз вместе с филиалом телевизионные приемники Т-1-А и Т-1 несмотря на их относительно хорошие качества при приеме телевизионных программ - рекомендовать в таком виде для серийного производства весьма трудно. Они не соответствуют тех.условиям по количеству каналов, расчитаны на немецкие кинескопы и лампы разверток; выполнены в основном на немецких деталях и полуфабрикатах, которые не везде легко могут быть заменены на отечественные. Стоимость такого приемника будет очень высокой. Эти приемники могут быть рекомендованы для серийного производства только после дополнительной переработки их на отечественные детали и лампы и на соответствие их техническим условиям. Необходимо также предусмотреть значительного удешевления приемника.

Фото 26

СКБ-833

Специальное Конструкторское бюро № 833 по телевизионной технике было организовано на площадях НИИ-160 в феврале 1946 г. на базе вывезенного из Чехословакии института с сотрудниками "Телевид". До 1 января 1947 г. СКБ-833 входило в состав НИИ-160. В августе 1947 г. юридически СКБ-833 влилось в состав НИИ-380, но до апреля 1948 г. физически находилось на территории НИИ-160. Причина очень простая — необходимо было завершить начатые работы для Московского региона, и, помимо этого, принимающая сторона не могла обеспечить сразу всех сотрудников жилплощадью. Надо заметить, что речь шла о 16 ведущих немецких специалистах. Работы, которые выполнялись в СКБ-833, представляли для развития телевидения в послевоенное время в СССР особый интерес.

В 1947 г. перед СКБ-833 МПСС были поставлены четыре основные задачи:

— разработка, изготовление и испытание лабораторного образца студийного канала для МТЦ;

— изготовление консольного телевизионного приёмника Т-3 на 625 строк;

— разработка специальной измерительной аппаратуры;

— проведение научно-исследовательских работ в области цветного телевидения и изготовление проекционного приёмника с большим экраном.

Для решения поставленных задач в СКБ имелось семь лабораторий, на которые в 1947 г. были возложены следующие работы:

— высокочастотная лаборатория — разработка и испытание аппаратуры для пульта оператора, высокочастотные блоки в канале МТЦ и в телевизионных приёмниках, а также изготовление отдельных видов измерительной аппаратуры;

— низкочастотная лаборатория — разработка и испытание всех видов отклоняющих и синхронизирующих систем для аппаратуры МТЦ и в телевизионных приёмниках, изготовление отдельных блоков измерительной аппаратуры, а также синхрогенератора для собственного использования;

— студийная лаборатория — разработка и испытание для МТЦ лабораторных образцов студийных видеокамер, усилителей для видеоканала и изготовление испытательной аппаратуры для проверки иконоскопов;

Распределение имеющихся кадров при СКБ № 833 по состоянию на I-е января 1948 г. следующее:

№№ п/п	Категория	Наименование лабораторий: Отд. гл. констр.	Высокочастотн.	Низкочастотн.	Студийная	Телевиз. устройств	Оптическая	Измерительн.	Эксперимент.	Итого по лаборатор.	А.У.П.	Всего по СКБ
I	Научно-технич.	8	4	8	4	4	2	4		34	-	34
2	Научно-вспомогат	I3	I	7	I	3	-	3	I2	40	-	40
3	Произв. рабочие	-					I	-	2I	22	-	22
4	А.У.П. и хоз. перс.	-								-	2I	2I
	Итого:-	2I	5	I5	5	7	3	7	33	96	2I	II7
	В т.ч. инженеры:-	7	4	8	3	4	2	4	3	35	4	39
	Техники:-	II	I	6	2	2	-	3	-	25	5	30
	Рабочие:-	-	-	-	-	-	I	-	23	29	-	29
	Служащие:-	3	-	-	-	-	-	-	-	3	I0	I3
	Ученики:-	-	-	I	-	I	-	-	2	4	-	4
	МОП	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2

Фото 27

— лаборатория телевизионных устройств — разработка и испытание пульта видеоинженера, микшерных и линейных усилителей и коммутаторов для МТЦ. Одновременно с этим лаборатория занималась общей компоновкой и испытанием всего канала МТЦ и телевизионных приёмников;

— оптическая лаборатория — разработка оптической и светотехнической частей телевизионных камер, светотехнической части мониторов для МТЦ и телевизионных приёмников. Кроме того, лабораторией проводились работы в области цветного телевидения и разработка экрана для проекционного приёмника, а также изготовление отдельных видов измерительной аппаратуры;

— измерительная лаборатория — разработка и испытание контрольно-испытательных блоков для МТЦ, разработка и изготовление измерительной аппаратуры, а также контроль и ремонт всей измерительной аппаратуры, находящейся в лабораториях СКБ;

— экспериментальная лаборатория — изготовление макетов лабораторных образцов телевизионной аппаратуры для МТЦ и проведение экспериментальных работ по созданию отдельных узлов и блоков новой телевизионной аппаратуры по заданиям лабораторий и конструкторских бюро других организаций.

Отдел главного конструктора разрабатывал новую аппаратуру для МТЦ, схемы телевизионных приёмников, их узлов и измерительных приборов, составлял технические отчёты по завершённым работам в 1947 г. Всего оформлено 70 отчётов. На **фото 27** показано число сотрудников и их распределение по лабораториям. Про переделку телевизоров Т-2 и Т-3 на отечественную комплектацию сказано в документах на **фото 28** и **фото 29**. На **фото 30—фото 32** приведены краткие отчёты о важном направлении работ СКБ-833.

Тема "Разработка телевизионного приемника с большим экраном ..." была не закончена в 1947 году в виду изготовления сверх плана по распоряжению Министерства производственного образца телевизионного приемника Т-2 на отечественных деталях.

Фото 28

Включенная в план работы СКБ тема: "Разработка и изготовление консольного телевизионного приемника Т-3 на 625 строк" выполнена полностью. Приемник прошел лабораторные испытания и показал хорошие результаты. Кроме этого сверх плана по заданию Министерства СКБ № 833 в 1947 году приступило к изготовлению производственного образца телевизионного приемника Т-3 из отечественных деталей, работы по которому выполнены на 50% и будут закончены в 1-м квартале 1948 года.

Фото 29

Признав работу СКБ-833 за отчетный период вполне удовлетворительный, секция отметила, что макет телевизионного канала на 625 строк СКБ-833 разработан и изготовлен настолько хорошо, что можно рекомендовать установить его для эксплоатации в Московском Телевизионном Центре.

Фото 30

Мазиков - Когда срок перевода МТЦ на 625 строк?

Ответ:- 1-я очередь во 2-м квартале и полная первая очередь к концу 1948 года

Фото 31

Работы отдела телевизионных центров - Доклад доктора технических наук В.Л.КРЕЙЦЕР.

Докладчик отмечает, что большой работой 1947 и 48 г.г. является перевод Московского телевизионного центра на новый стандарт четкости в 625 строк. Разработки главным образом велись в СКБ-833, и доработки схем производились в НИИ-380.

При проектировании МТЦ стоял вопрос создания наиболее рациональной схемы и введение в нее новых элементов, обеспечивающих оперативную гибкость в управлении всего оборудования. Характерным отличием созданной схемы от ранее существующей является наличие камерных коммутаторов, в схеме осуществлена привязка уровня по черным и белым, введен контроль и др.

Фото 32

Заключение

По заявлению тов. Розина Г. П. в НИИ-380 было проведено служебное расследование. Комиссия посчитала, что он не соответствует занимаемой должности. Также комиссия решила, что учёт деталей и трофейных приёмников в институте был поставлен неудовлетворительно, что порождало хищения. За допущение порочной практики ответственный за реализацию готовой продукции тов. Собгайда получил строгий выговор.

Руководство МПСС и 6-го Главного Управления приняло решение не включать телеприёмник Т-4-50 в число подарков тов. Сталину как недоработанный.

По материалам

1. РГАЭ, Фонд 300, опись 1, дело 1440. Отчёты НТО о работе в Германии за 1946 г.

2. РГАЭ, Фонд 197, опись 2, дело 15. СКБ № 833, годовой отчёт за 1947 г.

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Маленькие детали большого успеха!

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

* * *

Разработка программ для микроконтроллеров STM32, ATmega и других на заказ:

Сбор данных, передача на сервер, управление, свет, звук, CAN и LIN, генерация сигналов, измерения и т. д.

E-mail: micro51@mail.ru

т. +7-912-619-5167

Опыт разработки регулируемого стабилизатора тока + электронной нагрузки

С. СЕМИХАТСКИЙ, г. Ейск Краснодарского края

В качестве самостоятельных устройств мощные стабилизаторы тока применяют в основном для зарядки и регенерации аккумуляторов, при гальваническом покрытии металлических изделий, электролизе, а также как регулируемые ограничители тока в лабораторных блоках питания.

Основные параметры выпрямителей, стабилизаторов напряжения, преобразователей и других источников питания радиоэлектронной аппаратуры необходимо измерять под нагрузкой. В настоящее время такой нагрузкой обычно являются электронные эквиваленты, которые практически полностью вытеснили из применения включённый реостатом мощный переменный резистор либо набор постоянных и переменных резисторов.

Независимо от конструктивного исполнения любой стабилизатор тока и электронная нагрузка фактически состоят из одних и тех же функциональных узлов. Это — источник питания, регулирующий элемент, датчик тока и узел управления с цепью ООС. Ток в нагрузке устанавливают либо изменением параметров цепи ООС, либо параметров датчика тока [1].

Электронные нагрузки обычно выполняют по схеме источника тока, управляемого напряжением. Это значительно упрощает и повышает надёжность конструкции. Можно применять и другие технические решения, некоторые из которых приведены в [2], но в любом случае мощность и стабилизатора тока, и электронной нагрузки в значительной мере зависит от допустимой мощности датчика тока (токоизмерительного резистора), а его точность влияет на погрешность установки тока. Зная максимальный ток в нагрузке, определяют максимальную мощность, которую может рассеять регулирующий транзистор вместе с теплоотводом (в случае необходимости используется принудительное охлаждение), при этом его режимы должны находиться в области безопасной работы [2, 3]. К сожалению, теплоотвод — это такая своеобразная "тёмная лошадка", и расчёт его параметров — процесс достаточно сложный, трудоёмкий и приблизительный как при ручных расчётах [4, 5], так и с применением компьютерных программ [6]. Это связано с тем, что эффективная теплоотдача во внешнюю среду зависит от многих различных независимых факторов — материала, формы, цвета (степени черноты), пространственного расположения теплоотвода, естественного движения воздушных потоков и т. д., и т. п., а приводимые в справочниках необходимые расчётные коэффициенты имеют усреднённые значения [1, 7]. Второй немаловажный момент — в распоряжении радиолюбителей может быть определённое число различных теплоотводов, которые представляют собой своеобразные "чёрные ящики" с одним, почти известным параметром — общей площадью рассеивающей поверхности,

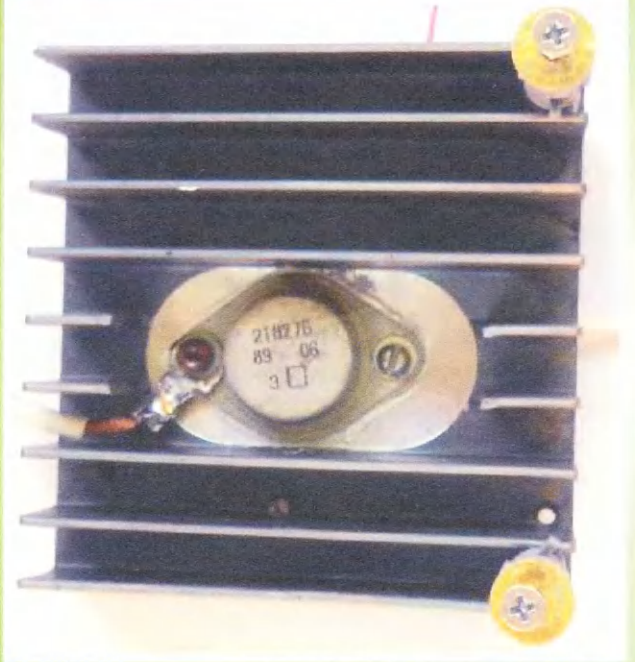


Рис. 1

Рис. 2

включая площадь поверхности рёбер, которую ещё нужно очень тщательно рассчитать, учитывая, что теплоотводы могут иметь довольно сложную форму [1]. Используя эти данные, по известным номограммам, которые приводятся во многих источниках, например в [8], можно определить весьма приблизительно мощность, которую может рассеять конкретный теплоотвод. Как правило, для перестраховки площадь теплоизлучающей поверхности получается больше, чем это необходимо в реальных условиях эксплуатации.

Прежде чем заняться разработкой собственно схемы стабилизатора тока и электронной нагрузки, решено было провести практические исследования тепловых параметров, имеющихся силового транзистора и теплоотвода при условиях эксплуатации, близких к реальным, и узнать заранее, какие технические характеристики, прежде всего, мощностные, будет иметь разрабатываемое устройство. Для этого использован регулируемый источник тока по схеме на рис. 3, приведённой в [9], измеритель температуры [10], любой источник постоянного нестабилизированного или стабилизированного напряжения, который обеспечивает выходное напряжение не более 35 В и максимальный ток нагрузки около 3 А.

В наличии имеется теплоотвод промышленного изготовления, внешний вид которого показан на **рис. 1**. Размеры его основания — 82×80 мм, толщина основания — 6 мм, высота рёбер — 20 мм, толщина рёбер — 2 мм, число рёбер — 8 шт. (четыре коротких ребра считаем как одно большое), расстояние между рёбрами — 8 мм, общая площадь — около 112 см^2. Он изначально предназначен для установки транзисторов в корпусе КТ-9 (ТО-3). В качестве датчика температуры использован транзистор 2SB772, размещённый непосредственно на корпусе исследуемого транзистора. Транзистор и датчик температуры были установлены с применением теплопроводной пасты КПТ-8. Для принудительного охлаждения применён вентилятор 80×80×25 мм, который закреплён на расстоянии 40 мм от теплоотвода с помощью двух пластиковых дюбелей размерами 6×40 мм, в торцы которых жалом хорошо прогретого паяльника вплавлены четыре гайки М3, они закрепляются четырьмя винтами М3 через два отверстия в теплоотводе и два штатных отверстия в вентиляторе. Внешний вид конструкции показан на **рис. 2**. Питание вентилятора на время измерения тепловых параметров осуществлялось с помощью отдельного независимого блока питания, который обеспечивал необходимые напряжение и ток. К выбору вентилятора нужно подходить осмотрительно, учитывая различия в их параметрах.

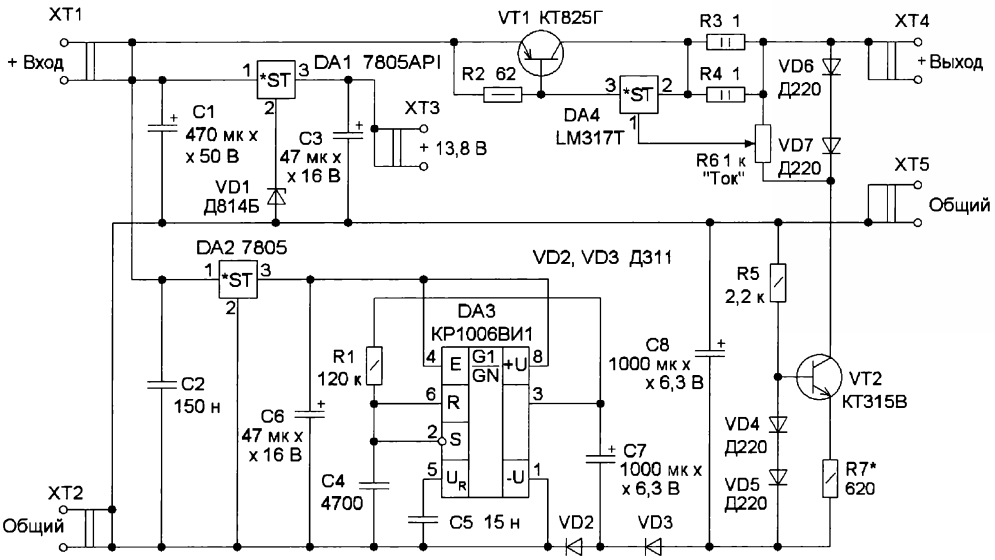


Рис. 3

Измерения проводились при температуре окружающего воздуха +23 °С, учитывая при этом некоторую инерционность тепловых процессов: для прогрева кристалла и корпуса транзистора, а также теплоотвода необходимо достаточно большое время. Вся конструкция была приподнята над рабочим столом на высоту 20 мм для обеспечения постоянного притока свежего воздуха. В качестве источника питания при исследованиях тепловых параметров теплоотвода были использованы регулируемый стабилизированный лабораторный БП (0...25 В, 1,6 А) и нестабилизированный БП (35 В, 3 А) с конденсатором фильтра ёмкостью 10000 мкФ. Измерения постоянных напряжений выполнялись цифровым мультиметром GD-119B.

Поскольку транзистор КТ825Г имеет большой коэффициент передачи тока базы $h_{21э}$ [11], чтобы обеспечить нормальным режим работы как транзистора, так и микросхемы LM317T, между базой и эмиттером этого транзистора установлен резистор R2 сопротивлением 62 Ом. Для определения коллекторного тока транзистора в его цепь был установлен резистор сопротивлением 0,1 Ом, мощностью рассеивания 5 Вт и допуском ±0,5 %.

Без применения принудительной вентиляции напряжение база—эмиттер, при котором транзистор начинает открываться при температуре + 23 °С $U_{бэ}$ = 1,109 В, ток коллектора был увеличен до $I_к$ = 1,6 А ($U_{бэ}$ = 1,301 В), напряжение коллектор—эмиттер $U_{кэ}$ = 15,6 В, мощность, рассеиваемая на коллекторе, $P_к$ = 25 Вт. Через 12 мин после прогрева температура корпуса транзистора достигла теплового равновесия и составила 87 °С, $U_{бэ}$ = 1,091 В, ток базы $I_б$ = = 0,112 мА, $h_{21э}$ = 14286. Необходимо отметить, что окончательный результат (установление температурного равновесия) был получен в результате четырёх последовательных приближений, от небольшой мощности рассеивания до максимальной. Тепловое сопротивление теплоотвод— окружающая среда $R_{т-с}$ = 2,56 °С/Вт, что неплохо и хорошо согласуется с результатами, приведёнными в [1]. Однако для задуманной цели теплоотвод оказался маловат.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

При использовании принудительного охлаждения с помощью вентилятора в режиме нагнетания воздуха на корпус транзистора и теплоотвод со стороны рёбер были получены следующие результаты: $I_к$ = 2,75 А; $U_{кэ}$ = 31,15 В; $P_к$ = 85,7 Вт. Через 10 мин установилось тепловое равновесие, температура корпуса транзистора достигла 62 °С, при этом $U_{бэ}$ = 1,085 В, $I_б$ = 0,208 мА, $h_{21э}$ = 13221, $R_{т-с}$ = 0,455 °С/Вт, что тоже хорошо согласуется с результатами, приведёнными в [1]. Поэтому транзистор и теплоотвод с вентилятором обеспечат технические характеристики разрабатываемого устройства.

Возникает закономерный вопрос: а зачем всё это сделано? Часть ответа уже приведена выше. Далее, разрабатываемую конструкцию можно поместить в корпус. Если допустить превышение температуры на 20 °С, температура корпуса транзистора будет составлять 82 °С, что вполне допустимо. А теперь самое главное, но забегая немного вперёд. Изначально при реализации устройства планировалось применение транзистора КТ825Г и микросхемы LM317T. Кроме тепловых параметров, были измерены и реальные режимы транзистора в реальных условиях эксплуатации. Максимальный ток, протекающий через микросхему LM317T, — около 17,3 мА, и при максимальном входном напряжении 35 В мощность, рассеиваемая микросхемой, составит 0,565 Вт, что позволяет её использовать без теплоотвода.

Схема устройства показана на **рис. 3**. Стабилизатор тока выполнен на микросхеме DA4 и транзисторе VT1, который включён параллельно микросхеме DA4 и позволяет увеличить выходной ток стабилизатора больше, чем может обеспечить интегральный стабилизатор напряжения LM317T (1,5 А). Резисторы R3 и R4, включённые параллельно для увеличения рассеиваемой на них мощности, образуют датчик тока, от его сопротивления 0,5 Ом зависит максимальный выходной ток источника тока ($I_{вых}$ = 1,25 В/0,5 Ом). Регулировка выходного тока осуществляется переменным резистором R6. Чтобы обеспечить его регулировку от нуля до максимального значения, на резисторе R6 формируется компенсирующее напряжение для микросхемы DA4. Осуществляется это с помощью стабилизатора тока на транзисторе VT2 и резисторе R7. Протекающий через этот транзистор ток, который можно изменять подборкой сопротивления резистора R7 при налаживании устройства, создаёт на резисторе R6 и диодах VD6, VD7 падение напряжения отрицательной полярности 1,25...1,3 В, которое по модулю примерно равно образцовому напряжению микросхемы LM317T. В результате в нижнем по схеме положении движка переменного резистора R6 выходной ток стабилизатора будет близок к нулю, а в верхнем положении движка резистора R6 будет максимальный.

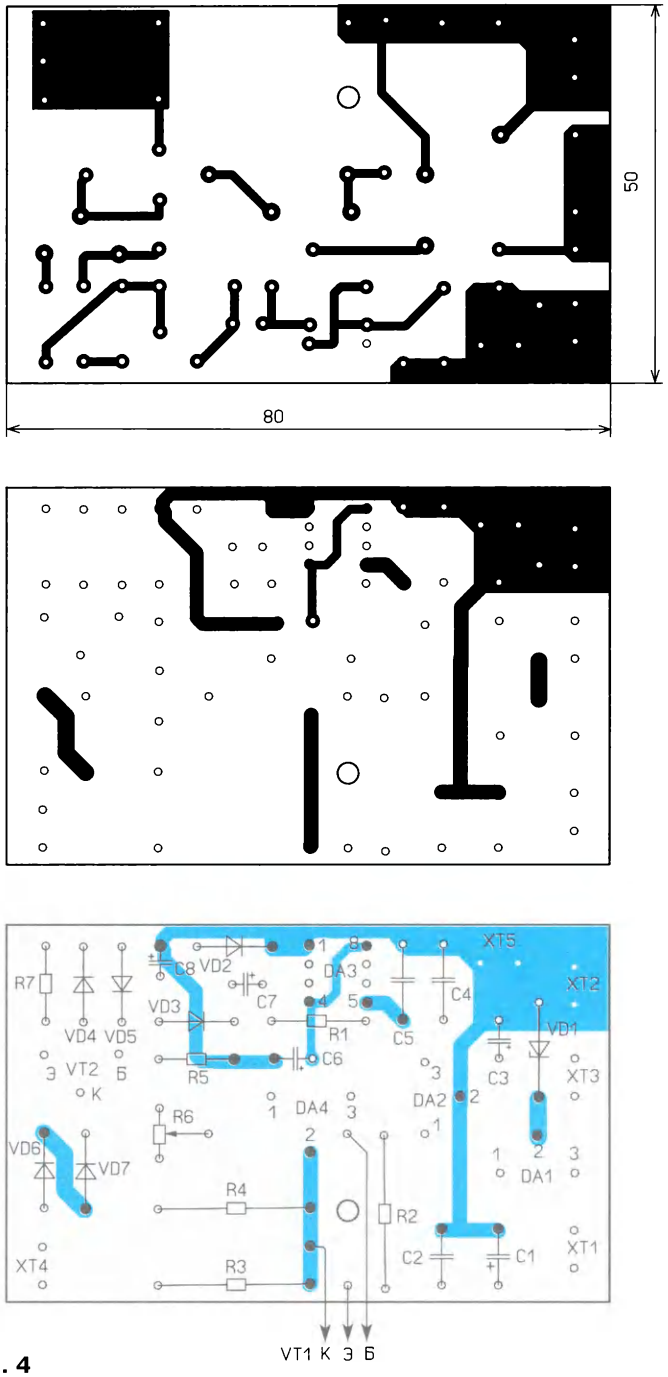


Рис. 4

Таймер DA3 включён по схеме мультивибратора, а так как для зарядки и разрядки времязадающего конденсатора C4 используется сигнал с его выхода (вывод 3), то получается генератор прямоугольных импульсов со скважностью практически 50 % и частотой следования около 1,3 кГц, которая определяется постоянной времени цепи R1C4. Генератор импульсов вместе с выпрямительными диодами VD2, VD3 и конденсаторами C7, C8 образуют преобразователь полярности напряжения +5 В в напряжение –3 В, которое необходимо для работы источника тока на транзисторе VT2, диодах VD4, VD5 и резисторах R5, R7. Благодаря тому, что питание тайме-

Рис. 5

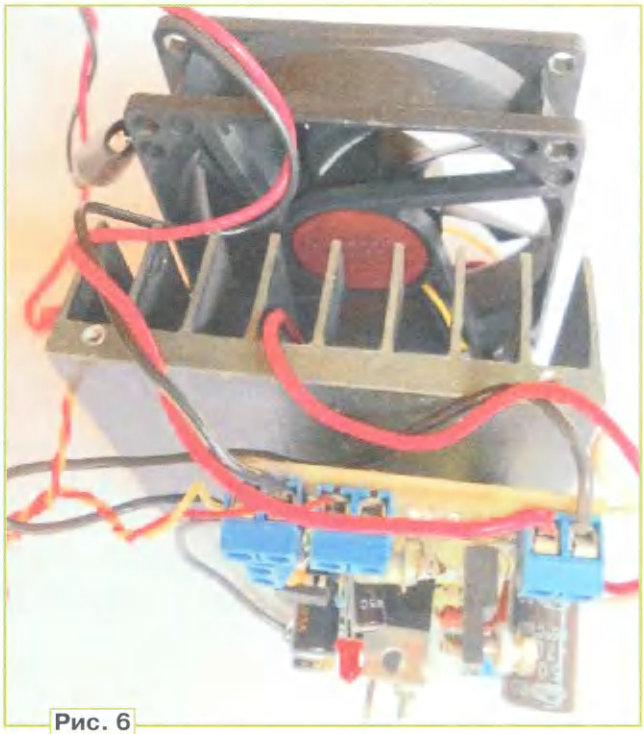


Рис. 6

ра DA3 обеспечивает интегральный стабилизатор напряжения на микросхеме DA2, напряжение –3 В фактически тоже оказывается стабилизированным, и постоянный ток через транзистор VT2 не изменяется при изменении напряжения источника питания. Следовательно, компенсирующее напряжение 1,25...1,3 В также остаётся постоянным, как и выходной ток, установленный переменным резистором R6.

На интегральном стабилизаторе напряжения DA1 и стабилитроне VD1 собран стабилизатор напряжения питания вентилятора. Необходимое напряжение устанавливается подбором напряжения стабилизации стабилитрона. Нормальная работа вентилятора сохраняется при входном напряжении устройства 14,4...35 В. При снижении входного напряжения ниже 14,4 В стабилизатор напряжения на микросхеме DA1 выходит из линейного режима стабилизации, напряжение на его выходе уменьшается вместе с входным напряжением. Также уменьшается скорость вращения вентилятора, и при снижении до 7,4 В вентилятор останавливается. Но на технических параметрах устройства это не отражается, так как уменьшается и мощность рассеивания на регулирующем транзисторе и теплоотводе. Конденсатор C1 компенсирует индуктивность соединительных проводов между устройством и источником питания, конденсаторы C2 и C5 предназначены для защиты устройства от импульсных помех по цепям питания, конденсаторы C3, C6 — сглаживающие.

Соединив между собой контакты XT4 и XT5 (сделав короткое замыкание) многожильным медным проводом в ПВХ изоляции сечением не менее 1,3 мм^2, получаем электронную нагрузку, которая работает по тому же принципу, что и регулируемый стабилизатор тока.

Разработанное устройство имеет следующие технические характеристики: входное напряжение — 6...35 В, интервал регулировки выходного тока — 0...2,5 А. Для большинства практических применений этого вполне достаточно.

Большинство деталей устройства установлены на печатной плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой приведён на **рис. 4**. Применены постоянные резисторы C2-23 с допуском ±5 %, резисторы R3 и R4 — МО-200 (не самый лучший вариант, сильно нагреваются, лучше применить резисторы МЛТ-2 с большей охлаждающей поверхностью), переменный резистор R6 — СП3-6, СП4-1 или аналогичный, подходящий по размерам, оксидные конденсаторы — К50-35 или аналогичные импортные, остальные конденсаторы — К73-17, К10-17 либо аналогичные импортные малогабаритные. Вместо транзистора КТ825Г можно применить КТ825Д или транзисторы КТ814Б—КТ814Г и КТ818БМ—КТ818ГМ, включённые по схеме Дарлингтона, расположив их на общем теплоотводе. Аналогом отечественного таймера КР1006ВИ1 являются импортные микросхемы серии 555. Микросхема DA1 (в корпусе TO-220FP) установлена с применением теплопроводящей пасты КПТ-8 на общий теплоотвод на его плоской стороне винтом М3. Диоды Д311 можно заменить диодами Д18, Д310 либо любыми маломощными диодами Шоттки. Замена диодов Д220 — диоды серий Д223, КД521, КД522. Транзистор КТ315В можно заменить маломощным кремниевым транзистором структуры n-p-n с допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 35 В. Разъёмы XT1—XT5 — клеммники двухконтактные 301-021-12. Печатная плата устройства закреплена на плоской стороне теплоотвода винтом М3 через изолирующую текстолитовую стойку высотой 15 мм. Внешний вид устройства показан на **рис. 5** и на **рис. 6**.

Во избежание получения ожогов при налаживании и эксплуатации устройства не следует проверять температуру теплоотвода и транзистора рукой.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Хоровиц П., Хилл У.** Искусство схемотехники. Том 1. — М.: Мир, 1986.

2. **Бирюков С.** Универсальный эквивалент нагрузки. — Радио, 2022, № 4, с. 12—15.

3. Мощные полупроводниковые приборы. Транзисторы. Справочник. Под ред. Голомедова А. В. — М.: Радио и связь, 1985.

4. **Агеев А.** Расчёт радиаторов для диодов и транзисторов. — Радио, 1968, № 6, с. 17, 18.

5. **Сорокин А.** Расчёт вентилируемого ребристого теплоотвода. — Радио, 2005, № 4, с. 25—27.

6. Расчёт теплоотводов на компьютере. — Радио, 1988, № 2, с. 60, 61.

7. **Семёнов Б.** Силовая электроника для любителей и профессионалов. — М.: Солон-Р, 2001.

8. **Сухов Н.** и др. Техника высококачественного звуковоспроизведения. — Киев, Техника, 1985.

9. **Семихатский С.** Приставки к мультиметру для измерения малых сопротивлений. — Радио, 2024, № 5, с. 35—37.

10. **Семихатский С.** Приставка к мультиметру для измерения температуры. — Радио, 2024, № 7, с. 43, 44.

11. Технические характеристики транзистора КТ825: особенности и спецификации. — URL: **https://mksegment.ru/a/tekhnicheskie-harakteristiki-tranzistora-kt825** (25.05.25).

От редакции. *Чертёж печатной платы находится по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/12/tok.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Обращаем внимание авторов журнала "Радио"!

За опубликованные в журнале статьи выплачивается гонорар. В настоящее время размер гонорара за технические статьи (описание конструкций или технических решений) — 1500 руб. за полосу (страницу в журнале), за научно-популярные и информационные — 1000 руб. за полосу.

Материалы статей (текстовые и графические в распространённых форматах *.doc, *.bmp, *.jpg) желательно высылать по электронной почте на адрес **mail@radio.ru**. Полученные авторские материалы редактируются и затем высылаются авторам на согласование. Сроки публикации зависят от продолжительности редактирования и наличия в редакционном портфеле аналогичных статей.

Редакция

Полумостовой ИИП с резонансной коммутацией ключей и ШИ-регулированием

А. ЮДИН, г. Волжский Волгоградской обл.

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2025, № 10, 11

Внешний вид собранного блока питания приведён на **рис. 9**, **рис. 10**.

Для налаживания блока питания понадобится регулируемый в интервале напряжений

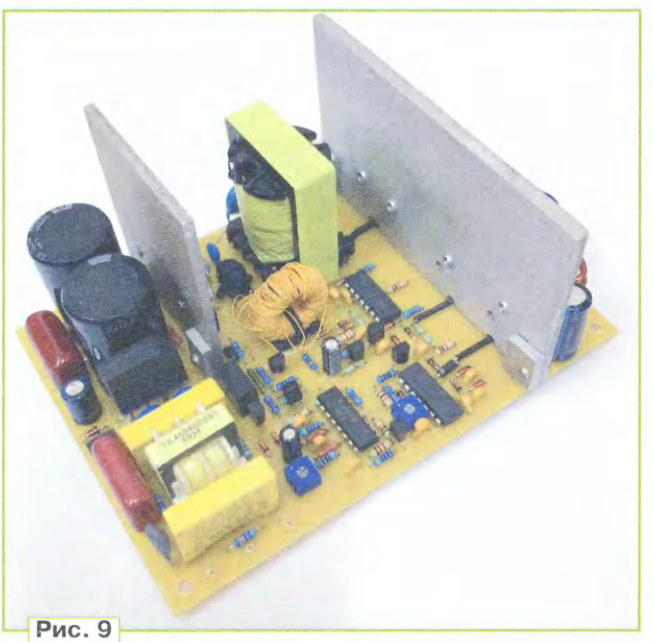


Рис. 9

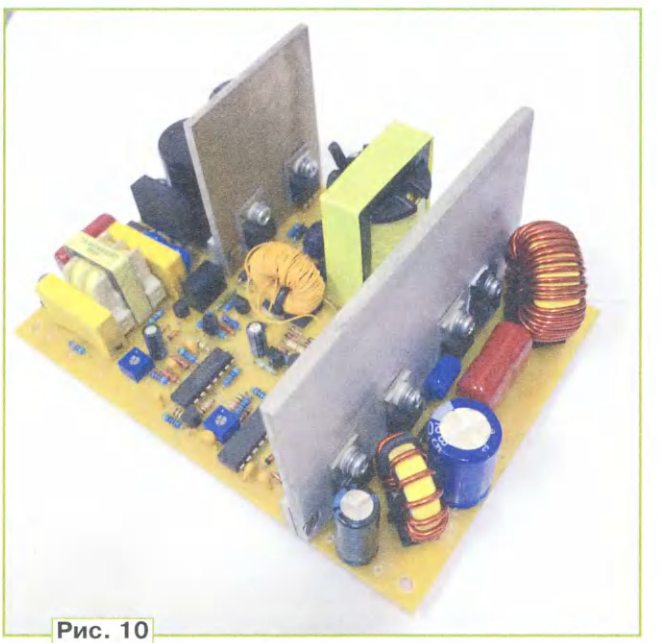


Рис. 10

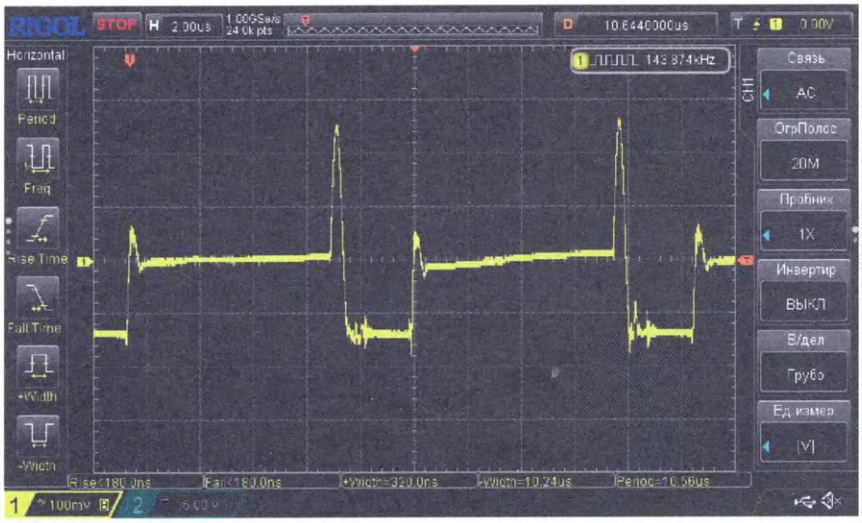


Рис. 11

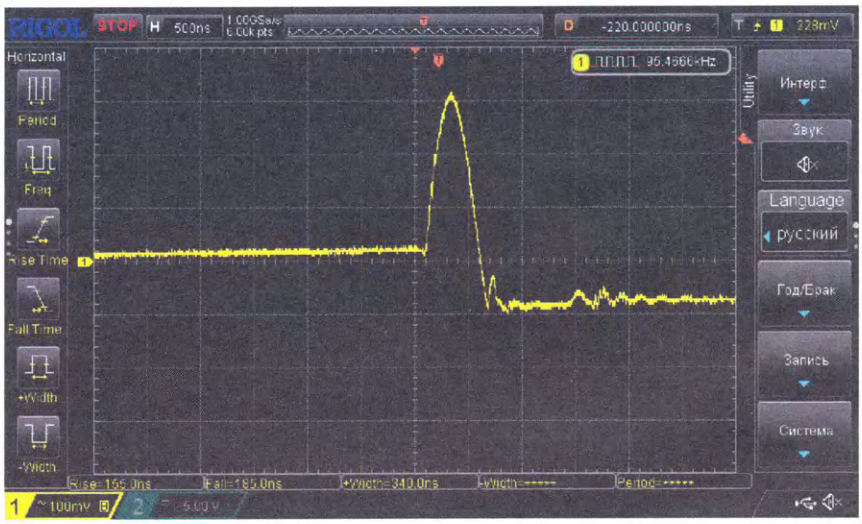


Рис. 12

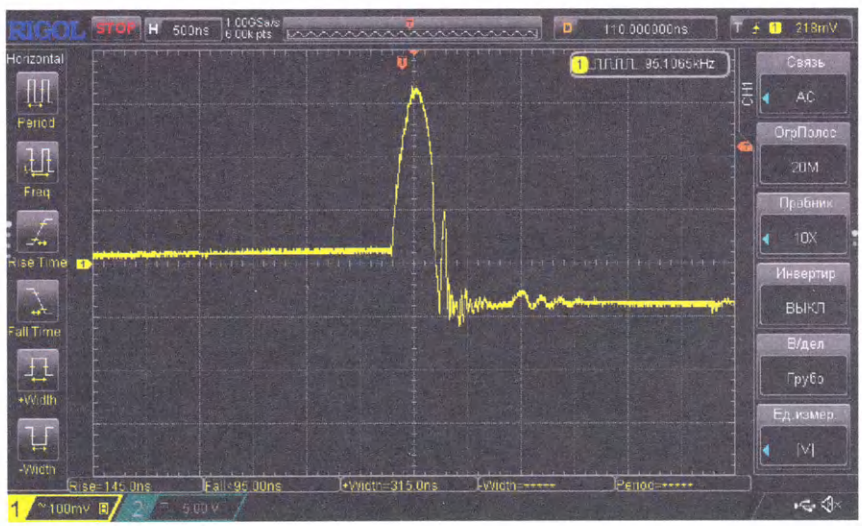


Рис. 13

0...30 В лабораторный источник питания, мультиметр и осциллограф. При отключённом от сети собранном блоке питания на выход подключают лабораторный источник с соблюдением полярности. Щуп осциллографа подключают к одному из выходов DA3. Плавно повышают напряжение лабораторного источника, мультиметром контролируют напряжение питания узла управления на конденсаторе C18. При достижении напряжения около 12 В на выходе DA3 должны появиться импульсы. Затем плавно снижают напряжение лабораторного источника. При достижении напряжения на C18 около 10 В импульсы на выходе DA3 должны исчезнуть. При существенном отличии уровней напряжения от указанных надо изменить номиналы резисторов R33 и R37.

Установив лабораторным источником напряжение около 20 В, необходимо измерить период следования импульсов на выходах DA3. Период должен быть около 20 мкс, что соответствует частоте преобразования 50 кГц. При необходимости надо изменить номиналы C28 или R23.

Далее определяют "мёртвое время". Для этого необходимо из половины измеренного периода вычесть измеренную осциллографом длительность импульсов. "Мёртвое время" не должно быть менее 1 мкс, при необходимости изменяют номинал резистора R21. Соединяют резистор R12 через последовательно соединённые постоянный резистор 100 Ом и переменный резистор 1 кОм с линией питания узла управления +15 В. На резисторах при этом может выделяться мощность до 2 Вт. Мультиметром контролируют напряжение на R12. Переменным резистором плавно увеличивают напряжение на R12. При достижении напряжения 0,7...0,8 В импульсы на выходах DA3 должны исчезнуть. Подключают щуп осциллографа к выходу НО DA4. Устанавливают подстроечным резистором R41 длительность импульсов, равную половине периода резонансной частоты, вычисленной по формуле (1), в данном случае это 0,5 мкс. Движок резистора R41 при этом должен находиться примерно в среднем положении, при необходимости изменяют номиналы R40 или C30.

Измеряют мультиметром напряжение на стабилитроне VD25, напряжение должно быть отрицательным не менее 2 В. Измеряют длительность импульсов на входах и выходах

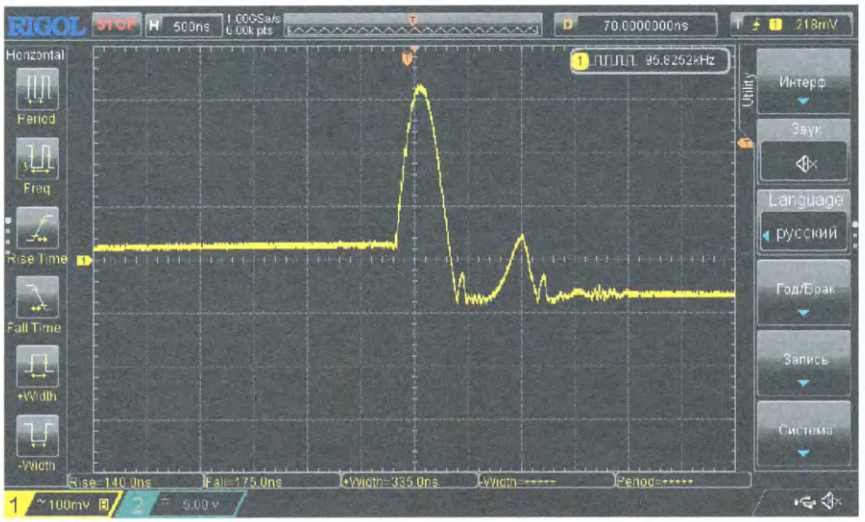


Рис. 14

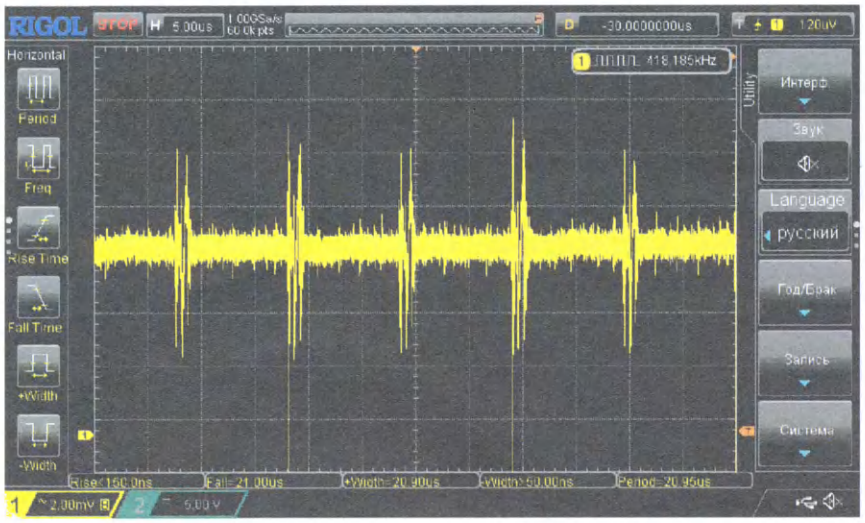


Рис. 15

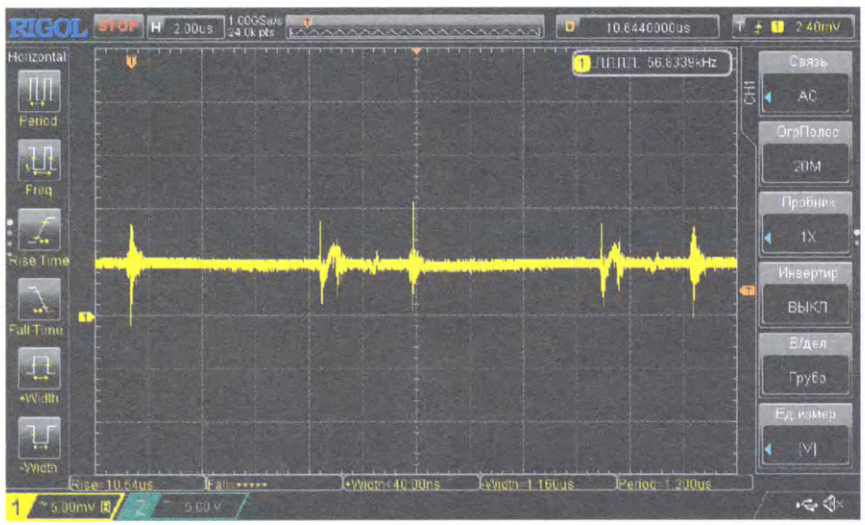


Рис. 16

DA2. Длительность импульсов на выходах должна быть больше длительности импульсов на входах на 0,5 мкс. Контролируют формы напряжений на затворах транзисторов VT2—VT4. Импульсы должны иметь правильную прямоугольную форму, положительную амплитуду не менее +12 В, отрицательную амплитуду у транзисторов VT2, VT3 не менее –12 В, а у VT4 — не менее –2 В.

Устанавливают напряжение на лабораторном источнике 24 В, подстроечным резистором R18 добиваются исчезновения импульсов на выходах DA3, при нехватке интервала регулировки необходимо изменить номинал резистора R19. Отключают лабораторный источник от выхода блока питания и подключают блок питания к сети 230 В через лампу накаливания 220 В 60 Вт. Лампа ограничит ток при неисправностях сетевого фильтра, сетевого выпрямителя и первичной части конвертера. При отсутствии неисправностей блок питания должен запуститься и на выходе должно появиться номинальное напряжение. Подключают блок питания напрямую к сети 230 В. Подключают к выходу блока питания проволочный резистор или лампу накаливания, обеспечивающие выходной ток 1...3 А.

Дальнейшие измерения осциллографом надо проводить внимательно, чтобы не попасть щупом в цепи, связанные с питающей сетью. Необходимо снять со щупа провод с "крокодилом" и установить штатную "скрепку" или изготовленную самостоятельно. Подключают щуп осциллографа параллельно резистору R12. На экране осциллографа должен наблюдаться сигнал, как показано на **рис. 11**. Настраивают развёртку и синхронизацию осциллографа так, чтобы спад импульса напряжения был отчётливо виден на экране. Вращением движка подстроечного резистора R41 добиваются правильного момента выключения транзисторов VT2 и VT3, как показано на **рис. 12**, а именно отсутствия подреза спада импульса при слишком раннем выключении транзисторов (**рис. 13**) и отсутствия второй полуволны резонанса при слишком позднем выключении транзисторов (**рис. 14**).

Далее проводят измерения параметров блока питания при различных нагрузках. Измерения уровня помех и пульсаций необходимо производить осциллографом со щупом со "скрепкой" непосредственно на конденсаторе C19. При отсутствии "хорошего" заземления

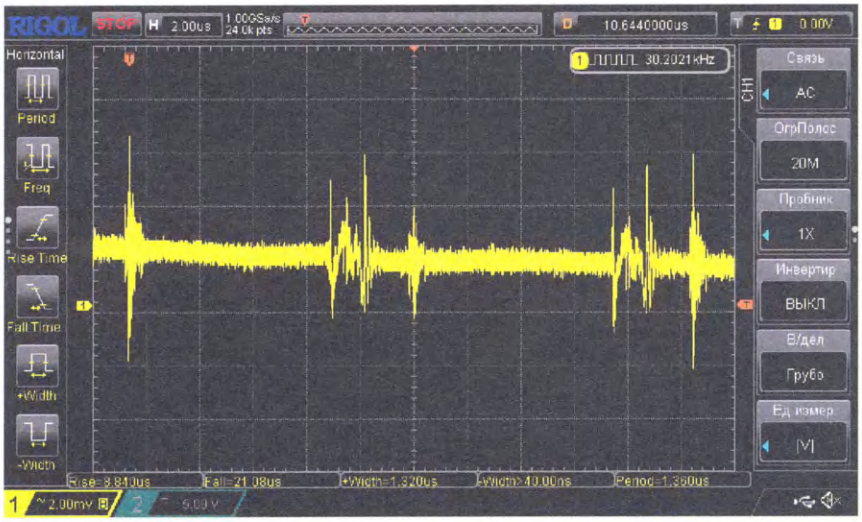


Рис. 17

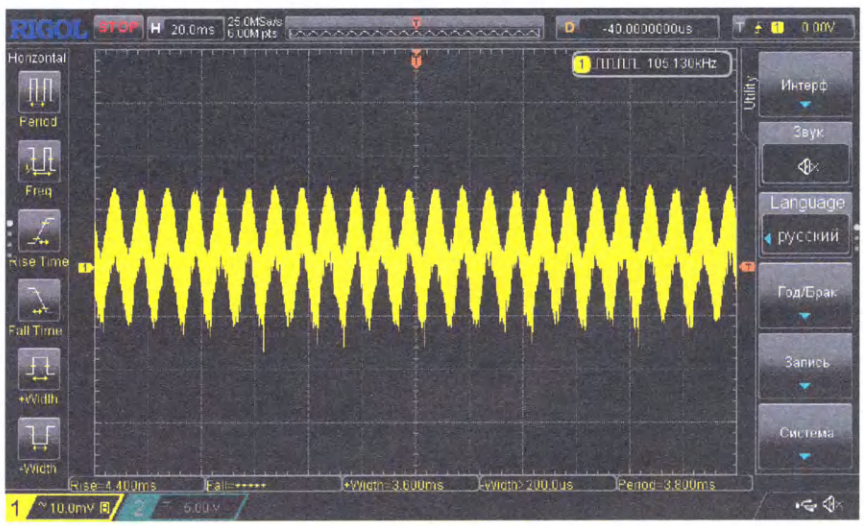


Рис. 18

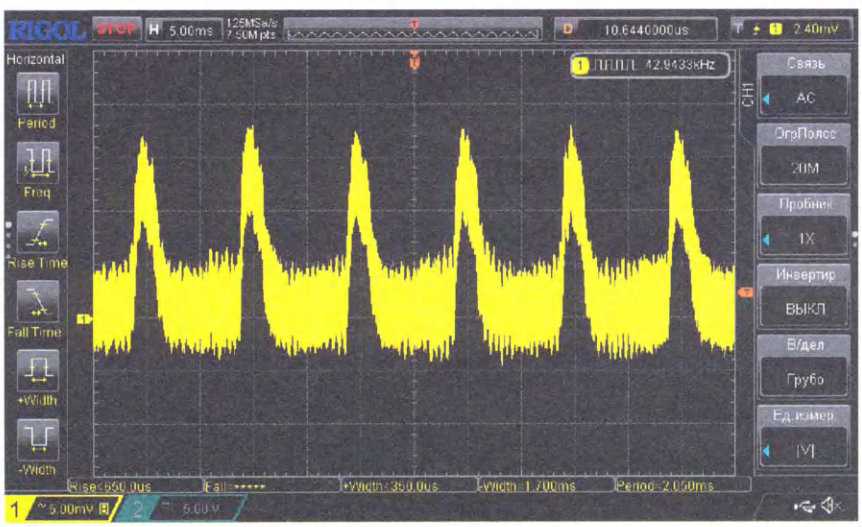


Рис. 19

защитного проводника сети измерения лучше проводить без подключения к нему.

Мной были получены следующие **технические характеристики** блока питания.

Выходное напряжение блока питания в интервале тока нагрузки 0...10 А и напряжении питания 220 ±22 В, В ..... 24 ±0,1
КПД при максимальном токе нагрузки 10 А, % 89
Мощность, потребляемая без нагрузки, Вт, не более 3
Уровень высокочастотных помех на выходе (пик-пик), в интервале тока нагрузки 0,5...10 А, мВ, не более 10
Уровень пульсаций на выходе на частоте 100 Гц, мВ, не более
при токе нагрузки 10 А 120
при токе нагрузки 0,5 А и 3,5 А 25
Уровень пульсаций на частоте преобразования в интервале тока нагрузки 0...0,5 А, мВ, не более ... 250

Осциллограммы, полученные при измерениях уровней пульсаций и помех на выходе блока питания, приведены на **рис. 15—рис. 21**. На рис. 15—рис. 17 приведены уровни помех при токе нагрузки 0,5 А, 3,5 А и 10 А соответственно. На рис. 18—рис. 21 показаны уровни пульсаций частотой 100 Гц при токе нагрузки 0,5 А, 3,5 А, 10 А и без нагрузки соответственно.

Увеличение уровня пульсаций на нагрузках менее 0,5 А обусловлено переходом ШИ-контроллера в режим пропуска импульсов и, как следствие, снижением частоты преобразования. Наличие пульсаций частотой 100 Гц на выходе блока питания обусловлено большим временем интегрирования усилителя ошибки ШИ-контроллера. Дело в том, что полумостовому конвертеру с конденсаторным делителем напряжения питания противопоказано быстрое изменение длительностей импульсов на выходе ШИ-контроллера, это вызывает асимметрию токов положительной и отрицательной полуволн, смещение половины напряжения питания между конденсаторами и, как следствие, приводит к насыщению магнитопровода силового трансформатора и уходу блока питания в защиту по превышению тока. Для уменьшения пульсаций на частоте 100 Гц

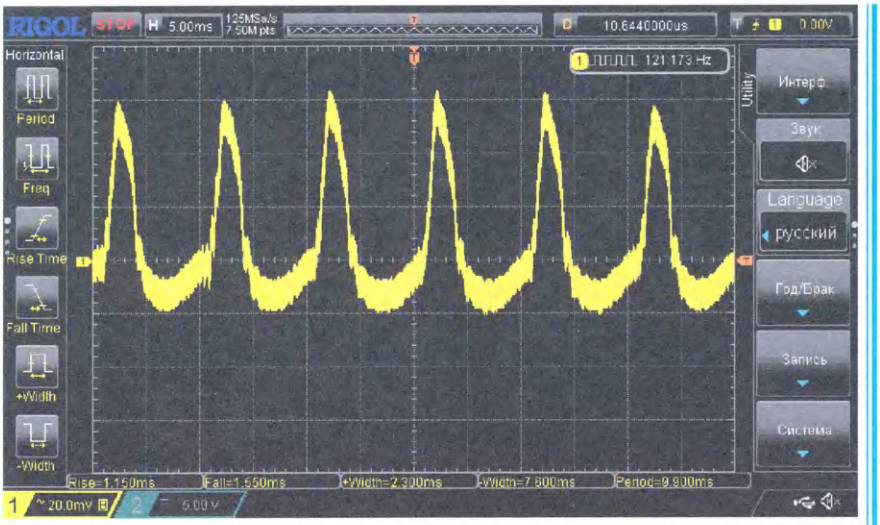


Рис. 20

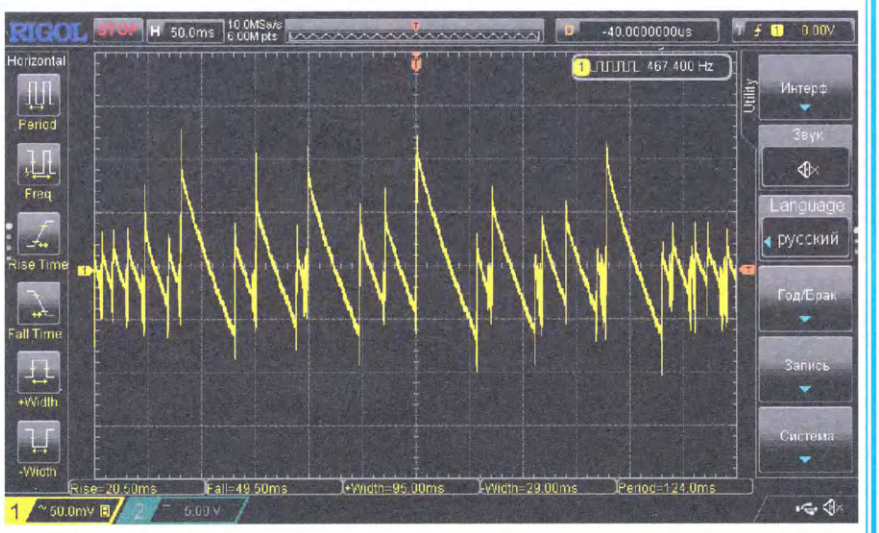
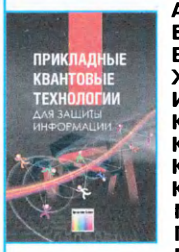


Рис. 21

необходимо увеличить ёмкость конденсаторов C7 и C8 сетевого фильтра.

От редакции. *Чертежи печатной платы в авторском и редакционном вариантах находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/12/rez_iip.zip*** *на нашем ftp-сервере.*

Вышла в свет новая книга



Андрущенко А. С., Борисова А. В., Елисеев В. Л., Жиляев А. Е., Иванов О. А., Кармазиков Ю. В., Козлов С. К., Криштоп В. Г., Курнакова А. Д., Моисеевский А. Д., Попов В. Г., Рыбкин А. С.

Прикладные квантовые технологии для защиты информации. / А. С. Андрущенко, А. В. Борисова, В. Л. Елисеев и др.; Под ред. А. Г. Втюриной и В. Л. Елисеева. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024. — 148 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-1115-4.

Технология квантового распределения ключей (КРК) представляет собой революционный подход в криптографии, обеспечивающий беспрецедентный уровень безопасности данных благодаря использованию принципов квантовой физики. Современные применения КРК охватывают области от государственных коммуникаций до финансовых транзакций, а перспективы включают интеграцию в повседневные интернет-сервисы. Книга содержит ответ на вопрос, как технология КРК влияет на развитие современных средств защиты информации через призму возможностей квантовой информатики, и позволит читателям узнать, как квантовая криптография может защитить наше будущее.

Для широкого круга читателей, будет интересна руководителям организаций и специалистам по информационной безопасности, которым важно быть в курсе современных технологических трендов при принятии стратегических решений, будет полезна студентам и аспирантам, изучающим вопросы информационной безопасности, квантовой криптографии, кибербезопасности цифровых технологий.

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Драйвер шины 1-Wire с гальванической развязкой

В. РУБАШКА, г. Лисичанск, ЛНР

При разработке очередной радиолюбительской конструкции появилась необходимость изолировать датчики температуры серии DS18B20 от блока автоматики. В Интернете нашлось несколько готовых решений на специализированных, довольно редких и недешёвых микросхемах. Эти варианты не вписывались в бюджет устройства и были отвергнуты. Дальнейший поиск приводил к схемам узлов гальванической развязки, которые были или очень усложнены, или неработоспособны. Как оказалось, простые узлы не работали из-за завала фронтов сигналов, обусловленных применяемыми низкоскоростными оптронами.

В результате макетирования был разработан драйвер, схема которого приведена на **рис. 1**. В нём применены оптопары 6N137, которые ранее были успешно использованы в преобразователе сигналов для Arduino pro mini [1]. Драйвер состоит из двух идентичных узлов, выполняющих

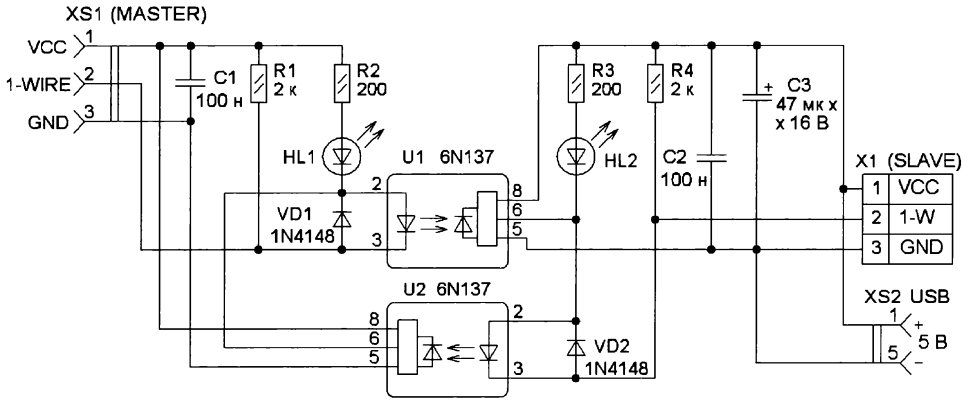


Рис. 1

функцию приёма-передачи данных шины 1-Wire. Левая по схеме часть драйвера — ведущая (MASTER), она подключена к управляющему микроконтроллеру (МК), а правая — ведомая (SLAVE) и подключена к датчикам температуры DS18B20. Данные от МК передаются по цепи: излучающий диод оптопары U1, индикаторный светодиод HL1 и токоограничивающий резистор R2. От логического элемента оптопары U1 сигнал поступает на датчики. Сигнал от них проходит через излучающий диод оптопары U2, индикаторный светодиод HL2 и токоограничивающий резистор R3. Затем от логического элемента оптопары U2 сигнал передаётся на МК. Светодиоды индицируют наличие сигналов. Для упрощения устройства светодиоды можно не устанавливать, заменив их проволочными перемычками, а сопротивление резисторов R2 и R3 нужно будет увеличить до 330...390 Ом.

Подтягивающие резисторы R1 и R4 ограничивают ток в сигнальной линии, подборкой их сопротивлений от 1 кОм до 4,7 кОм устанавливают необходимый ток. В качестве линии связи с датчиками используется сдвоенная витая пара. По одной паре передаются данные с общим проводом, по второй — питающее напряжение и общий провод. Общие провода пар соединяются вместе в начале и в конце линии. Для подавления возможных импульсных помех в цепи питания каждого датчика установлен керамический конденсатор ёмкостью 100 нФ.

Датчики температуры питаются от сетевого адаптера (зарядного устройства мобильного телефона) с выходным напряжением 5 В. Можно организовать их питание от модуля МК, применив

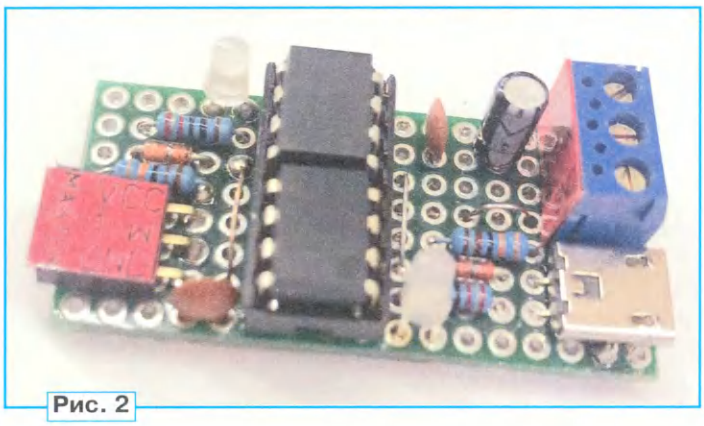
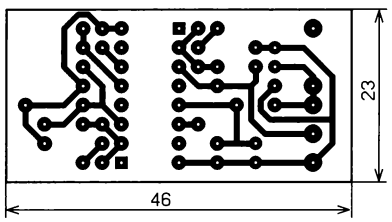


Рис. 2



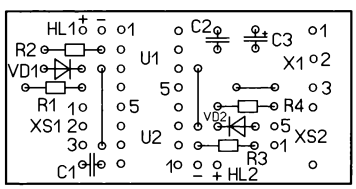


Рис. 3

DC/DC преобразователь напряжения с гальванической развязкой, например 13D-05S05NNL [2] (в корпусе SIP, габаритные размеры 11,5×6×10 мм). Интервал входных напряжений этого преобразователя 4,5...5,5 В, он не имеет стабилизации выходного напряжения, но снабжён кратковременной защитой от короткого замыкания. Можно применить и другой аналогичный преобразователь с выходной мощностью 1 Вт.

Устройство было собрано на макетной плате размерами 23×51 мм (**рис. 2**). Оптопары установлены в общую панель для микросхем в корпусе DIP с 16-ю выводами. При их установке следует обращать внимание на ключи, чтобы исключить ошибку. Резисторы — С2-23 или МЛТ, оксидный конденсатор — К50-35 или импортный, остальные — керамические К10-17 или плёночные серии К73. Светодиоды — красного свечения с диаметром корпуса 3 мм. Разъём XS1 — трёхконтактный PBS-3, X1 — клеммник трёхконтактный прямой винтовой на плату DG381-3,81-03P-14-00AH или EK381V-03P, 300В 12А, разъём XS2 — микро-USB. Если датчиков много, следует применять разъёмы RJ-45 для витой пары. Чертёж платы устройства показан на **рис. 3**. Её можно изготовить из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. На ней надо установить три перемычки из монтажного провода. Если нужно уменьшить размеры платы, можно использовать компоненты для поверхностного монтажа.

В результате получилось простое и порой необходимое в арсенале радиолюбителя устройство.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Рубашка В.** Преобразователь сигналов с гальванической развязкой для Arduino pro mini. — Радио, 2025, № 8, с. 53—55.

2. Конвертер 13D-05S05NNL. — URL: **http://dc-dc.su/yds/13d-05s05nnl.html** (28.09.25).

От редакции. *Чертёж печатной платы находится по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/12/1-W.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Селектор-формирователь импульсов заданной длительности для системы дистанционного управления моделями — 2

О. ИЛЬИН, г. Казань

В цифровых многоканальных системах дистанционного пропорционального управления моделями [1—3] сигналы, содержащие информацию об угловом положении исполнительного органа сервоприводов, формируются изменением ширины канальных импульсов, вырабатываемых шифратором передатчика. Длительность импульсов в зависимости от положения рукояток управления передатчика может изменяться в интервале от 1 до 2 мс. Для передачи информации по каналу связи эти импульсы преобразуются в синхроимпульсы фиксированной длительности 0,1...0,5 мс, образующие канальные посылки, разделённые синхропаузой и следующие с частотой 50...60 Гц. Информация о значениях передаваемых команд в соответствующих каналах управления содержится во временных интервалах между синхроимпульсами канальных посылок, а число импульсов в них зависит от числа каналов управления. Дешифратор приёмника распределяет импульсы канальных посылок по каналам управления, восстанавливает ширину канальных импульсов и передаёт их на соответствующие сервоприводы модели.

В этих системах дистанционного управления моделями при воздействии различного рода помех не исключено появление на входе дешифратора приёмника посторонних импульсов, вызывающих переключение его счётчика, наряду с синхроимпульсами канальных посылок, формируемых шифратором своего передатчика. Это приводит к появлению на выходе дешифратора ложных команд управления и, как следствие, — к аварии модели.

Один из способов борьбы с этими помехами заключается в селекции импульсов канальных посылок по длительности. На вход дешифратора приёмника пропускаются только те импульсы, длительность которых находится в интервале, соответствующем длительности синхроимпульсов канальных посылок своего передатчика [1].

В [4] описано устройство, реализующее на практике этот способ борьбы с помехами, однако оно относительно сложно по функциональному составу. Предлагаю более простой вариант селектора-формирователя импульсов заданной длительности для системы дистанционного управления моделями. Он выполнен на доступной элементной базе, прост в налаживании и стабилен в работе.

Основные технические характеристики

Длительность селектируемых импульсов, мс ..... 0,29...0,31
Длительность формируемых импульсов, мс 0,3
Напряжение питания, В 9
Потребляемый ток, мА, не более 30

Функциональная схема селектора-формирователя импульсов заданной длительности представлена на **рис. 1**, где D1, D2 — логические элементы-инверторы; D3 — логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ; D4 — RS-триггер; R1C1, R2C2 — дифференцирующие цепи; U1, U2 — одновибраторы. На **рис. 2** представлены временные диаграммы напряжений в характерных точках этой функциональной схемы, поясняющие работу селектора-формирователя импульсов заданной длительности. Для наглядности масштаб по осям абсцисс и ординат не соблюдён, а форма импульсных напряжений изображена упрощённо.

Селектор-формирователь импульсов заданной длительности (далее по тексту — селектор-формирователь) работает так. Пусть на его вход поступает напряжение $U_{вх}$, представляющее собой канальную посылку, состоящую из синхроимпульсов своего передатчика, длительность которых равна τ_0, и расположенных между ними импульсов помех, длительность которых равна τ_1 и τ_2, причём $\tau_1 > \tau_0 > \tau_2$. На временной диаграмме $U_{вх} = f(t)$ изображён фрагмент этой канальной посылки, занимающий интервал времени от t_1 до t_{10}, где значение передаваемой команды содержится в длительности τ временного интервала между соседними синхроимпульсами канальной посылки.

Логический элемент D1 (см. рис. 1), инвертируя импульсы напряжения $U_{вх}$, формирует на своём выходе напряжение $U_{вых\ D1}$, поступающее на вход дифференцирующей цепи R1C1. В моменты t_1, t_3, t_6, t_9 на выходе дифференцирующей цепи R1C1 формируются кратковременные перепады напряжения $U_{вых}$ с высокого на низкий уровень. Логический элемент D2, инвертируя импульсы напряжения $U_{вых\ R1C1}$, формирует на своем выходе последовательность коротких прямоугольных импульсов напряжения $U_{вых.\ D2}$. Первый же импульс этой последовательности, поступающий в момент t_1 на вход R RS-триггера D4, устанавливает на инвертирующем выходе этого триггера напряжение $U_{вых\ D4}$ высокого уровня.

Одновибратор U1, запускаемый кратковременными перепадами напряжения $U_{вых.\ R1C1}$ с высокого на низкий уровень, формирует в моменты t_1, t_3, t_6, t_9 на своём выходе прямоугольные импульсы напряжения $U_{вых\ U1}$ длительностью τ_{U1}, которая равна длительности τ_0 синхроимпульсов своего передатчика. Импульсы напряжения $U_{вых.\ U1}$ поступают на первый вход логического элемента D3 ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, на второй вход которого в эти же моменты подаются импульсы напряжения $U_{вх}$. Если длительность импульсов на обоих входах логического элемента D3 одинакова, на его выходе формируется напряжение $U_{вых\ D3}$ низкого уровня, в противном же случае на выходе логического элемента D3 формируются импульсы напряжения $U_{вых.\ D3}$ высокого уровня, длительность которых равна разности длительностей импульсов на его входах.

С выхода логического элемента D3 напряжение $U_{вых\ D3}$ подаётся на вход S RS-триггера D4.

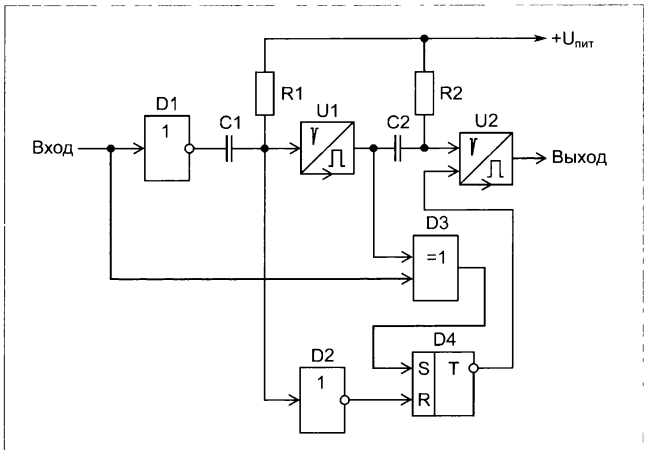


Рис. 1

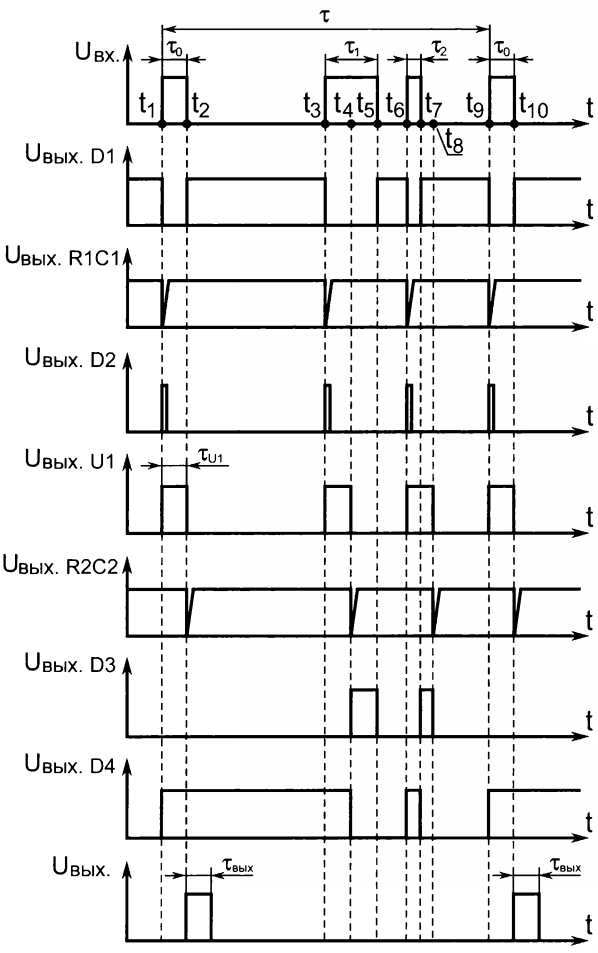


Рис. 2

Поскольку на интервале времени от t_1 до t_4 напряжение $U_{вых\ D3}$ низкого уровня, состояние RS-триггера D4 не изменяется, напряжение $U_{вых.\ D4}$ на инвертирующем выходе этого триггера — высокого уровня.

С инвертирующего выхода RS-триггера D4 напряжение $U_{вых.\ D4}$ высокого уровня поступает на вход блокировки одновибратора U2, активизируя его работу. В момент t_2 с выхода дифференцирующей цепи R2C2 на вход запуска одновибратора U2 поступает кратковременный перепад напряжения $U_{вых\ R2C2}$ с высокого на низкий уровень. При этом на выходе одновибратора U2 и, соответственно, на выходе селектора-формирователя формируется прямоугольный импульс напряжения $U_{вых}$ высокого уровня длительностью $\tau_{вых}$.

На интервалах времени от t_3 до t_5 и от t_6 до t_7 на вход селектора-формирователя поступают импульсы помех длительностью τ_1 и τ_2 соответственно, вследствие чего на интервалах времени от t_4 до t_5 и от t_7 до t_8 на выходе логического элемента D3 ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ формируются импульсы напряжения $U_{вых\ D3}$ высокого уровня, которые поступают на вход S RS-триггера D4. В результате этого на интервалах времени от t_4 до t_6 и от t_7 до t_9 на инвертирующем выходе RS-триггера D4 формируется напряжение $U_{вых.\ D4}$. При этом низкий уровень, поступая на вход блокировки одновибратора U2, дезактивизирует его работу. Поэтому, несмотря на то, что в моменты t_4 и t_8 с выхода дифференцирующей цепи R2C2 на вход запуска одновибратора U2 поступают кратковременные перепады напряжения $U_{вых\ R2C2}$ с высокого на низкий уровень, на выходе этого одновибратора и, соответственно, на выходе селектора-формирователя формируется напряжение $U_{вых}$ низкого уровня.

На интервале времени от t_9 до t_{10} на вход селектора-формирователя поступает следующий синхроимпульс длительностью τ_0, одновибратор U2 активизируется и формирует на своём выходе и, соответственно, на выходе селектора-формирователя прямоугольный импульс напряжения $U_{вых}$ высокого уровня длительностью $\tau_{вых}$.

Таким образом, на выходе селектора-формирователя формируются прямоугольные импульсы напряжения $U_{вых}$ высокого уровня длительностью $\tau_{вых}$ только в том случае, если длительность импульсов напряжения $U_{вх}$ на его входе находится в интервале, соответствующем длительности синхроимпульсов канальных посылок своего передатчика.

Схема селектора-формирователя приведена на **рис. 3**. Логические элементы DD1.1, DD1.2 — инверторы (D1, D2 на рис. 1). Логические элементы DD1.3, DD1.4 образуют RS-триггер (D4 на рис. 1), вход S которого — вывод 8 логического элемента DD1.3, вход R — вывод 13 логического элемента DD1.4, инвертирующий выход — вывод 10 логического элемента DD1.3.

На интегральном таймере DA1 собран одновибратор (U1 на рис. 1). Длительность τ_{U1} его выходных импульсов задана интегрирующей цепью R3R4C2 и равна 0,3 мс. Конденсатор C3 — фильтрующий.

Логические элементы DD2.1—DD2.4 образуют функциональный узел, выполняющий операцию ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ (D3 на рис. 1). Резистор R1 устраняет неопределённое состояние входов логических элементов DD1.1, DD2.1, DD2.3 в отсутствие подключения селектора-формирователя к источнику сигнала. R2C1 и R6C6 — дифференцирующие цепи (R1C1 и R2C2 на рис. 1).

Интегрирующая цепь R5C5 (на рис. 1 не показана) служит для подавления коротких импульсов ("иголок") на выходе логического элемента D3 ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, которые могут появиться, например, из-за погрешности в установке равенства длительности τ_{U1} импульсов, формируемых одновибратором U1, и длительности τ_0 синхроимпульсов, поступающих на вход селектора-формирователя.

Вследствие наличия интегрирующей цепи R5C5 формирование напряжения $U_{вых\ D4}$ низкого уровня, поступающего с выхода RS-триггера D4 на вход блокировки одновибратора U2, происходит с небольшой задержкой относительно момента t_4,

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

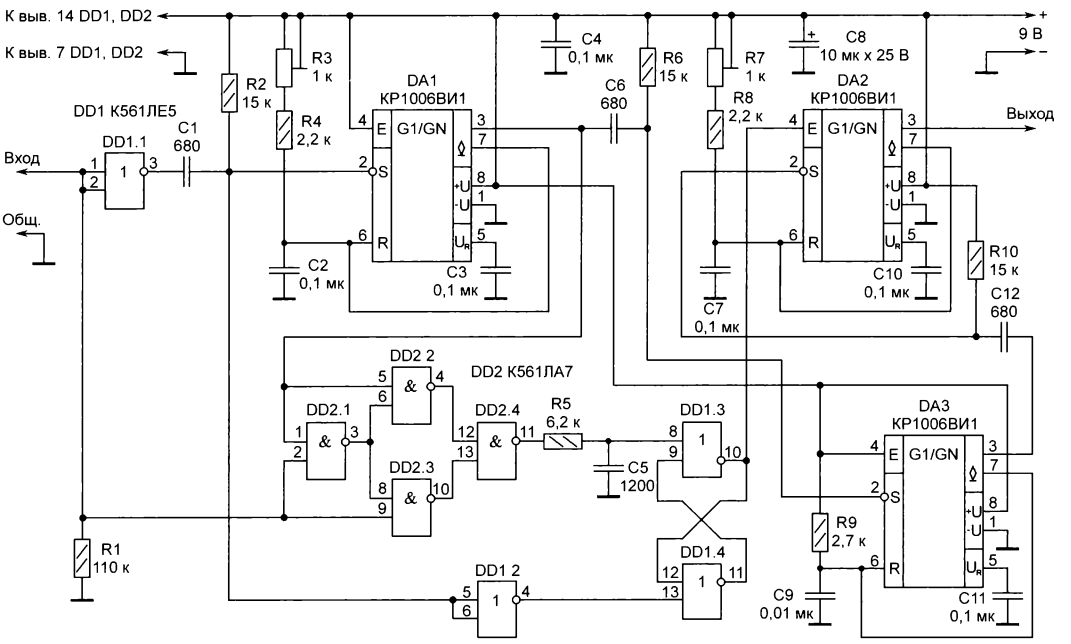


Рис. 3

когда на вход запуска этого функционального узла с выхода дифференцирующей цепи R2C2 поступает активизирующий одновибратор U2 кратковременный перепад напряжения $U_{вых.\ R2C2}$ с высокого на низкий уровень, поэтому для исключения появления в момент t_4 на выходе селектора-формирователя короткого паразитного импульса функциональный узел U2 выполнен в виде двух соединённых последовательно одновибраторов.

Первый из них включает в себя интегральный таймер DA3, интегрирующую цепь R9C9 и фильтрующий конденсатор C11, а второй — интегральный таймер DA2, интегрирующую цепь R7R8C7 и фильтрующий конденсатор C10. Вход запуска функционального узла U2 — вывод 2 интегрального таймера DA3, вход блокировки — вывод 4 интегрального таймера DA2, выход — вывод 3 интегрального таймера DA2.

Первый одновибратор в момент t_4 формирует на своём выходе (выв. 3 DA3) короткий прямоугольный импульс напряжения высокого уровня. В момент спада этого импульса на выходе дифференцирующей цепи R10C12 формируется кратковременный перепад напряжения с высокого на низкий уровень. Этот перепад напряжения поступает на вход запуска второго одновибратора (выв. 2 DA2), формирующего выходное напряжение $U_{вых}$ селектора-формирователя. Длительность выходного импульса первого одновибратора задана такой, что второй одновибратор может быть запущен только после формирования на выходе RS-триггера D4 и, соответственно, на входе блокировки функционального узла U2 напряжения $U_{вых.\ D4}$ низкого уровня, в результате чего на выходе селектора-формирователя паразитный импульс в момент t_4 отсутствует.

Длительность выходных импульсов первого одновибратора задана интегрирующей цепью R9C9 и равна 0,03 мс, длительность выходных импульсов второго одновибратора и, соответственно, длительность $\tau_{вых}$ выходных импульсов селектора-формирователя задана интегрирующей цепью R7R8C7 и равна 0,3 мс.

Селектор-формирователь питается стабилизированным напряжением +9 В. Конденсаторы C4, C8 — фильтрующие в цепи питания.

Монтаж селектора-формирователя выполнен навесным способом на макетной плате.

В селекторе-формирователе применены оксидные алюминиевые конденсаторы К50-35, керамические конденсаторы — К10-17-1а, вместо конденсаторов этих типов можно использовать импортные аналоги. Конденсаторы C2, C7, C9 — плёночные К73-17, их можно заменить конденсаторами К73-9, К73-24. Постоянные резисторы — С2-33, возможная замена — С2-23, МЛТ, ОМЛТ. Подстроечные резисторы — многооборотные импортные, вместо них можно использовать отечественные РП1-48, СП3-39 или другие подходящие.

Микросхемы К561ЛЕ5, К561ЛА7 могут быть заменены функциональными аналогами серий К176, 564 или импортными микросхемами серий 4000, 4000А, 4000В. Интегральные таймеры КР1006ВИ1 заменимы импортными аналогами серии 555.

Налаживание селектора-формирователя сводится к установке подстроечным резистором R3 длительности τ_{U1} импульсов, формируемых на выходе одновибратора DA1, равной длительности τ_0 синхроимпульсов, поступающих на вход селектора-формирователя. Длительность $\tau_{вых}$ импульсов на выходе селектора-формирователя устанавливают подстроечным резистором R7.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Войцеховский Я.** Дистанционное управление моделями. Пособие моделиста и радиолюбителя. Пер с польск. Под ред. А. П. Павлова и Н. Н. Путятина. — М.: Связь, 1977, с. 180—186, 188—195.

2. **Миль Г.** Электронное дистанционное управление моделями / Пер. с нем. В. Н. Пальянова. — М.: ДОСААФ, 1980, с. 44—114.

3. **Днищенко В. А.** 500 схем для радиолюбителей. Дистанционное управление моделями. — СПб.: Наука и техника, 2007, с. 20—37, 64—121, 352—355.

4. **Ильин О.** Селектор-формирователь импульсов заданной длительности для системы дистанционного управления моделями. — Радио, 2020, № 12, с. 39—41.

Модуль отключения зарядного устройства для автомобильной аккумуляторной батареи

С. ШИШКИН, г. Саров Нижегородской обл.

В статье автор предлагает различные варианты несложных устройств для отключения зарядного устройства автомобильной аккумуляторной батареи от сети и отключения зарядного устройства от аккумуляторной батареи при достижении заданного напряжения или времени.

Сегодня на рынке существует множество компактных зарядных устройств (ЗУ) для 12-вольтовых свинцовых автомобильных аккумуляторных батарей (АКБ). Современные ЗУ имеют функцию автоматического отключения, когда АКБ полностью заряжена, или индикатор полного заряда АКБ. Но многие автолюбители продолжают пользоваться простыми старыми ЗУ, которые неприхотливы, просты в эксплуатации и позволяют задать оптимальные режимы зарядки. Но, как правило, у них нет функции автоматического или дистанционного отключения АКБ от ЗУ. Где лучше поставить АКБ на зарядку? Конечно же, в гараже. А это значит, нужен контроль процесса её зарядки и функция автоматического отключения АКБ от ЗУ при полном её заряде или при зарядке на заданный интервал времени.

В старых ЗУ зарядка АКБ осуществляется от источника постоянного выпрямленного тока. Можно использовать любые выпрямители, допускающие регулировку напряжения или зарядного тока. При этом ЗУ, предназначенное для зарядки 12-вольтовой АКБ и обеспечения заряда до 100 % её фактической ёмкости, должно обеспечивать увеличения зарядного напряжения до 16,5 В. Зарядку АКБ осуществляют, как правило, двумя методами: постоянным током или постоянным напряжением. В первом случае её зарядка осуществляется постоянным током 0,1С (0,1 от номинальной ёмкости батареи). Например, для АКБ ёмкостью 55 А·ч оптимальный зарядный ток будет 5,5 А. Фактически ЗУ должно представлять собой регулируемый стабилизатор тока.

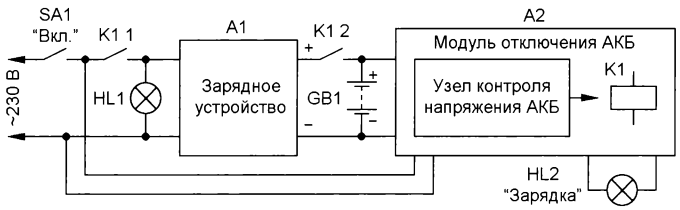


Рис. 1

При зарядке постоянным напряжением степень заряженности АКБ напрямую зависит от зарядного напряжения. Полностью зарядить АКБ можно при напряжении ЗУ около 16,3...16,5 В. В момент включения значение тока может достигать 50 А и более, в зависимости от внутреннего сопротивления батареи. По мере зарядки напряжение на её выводах приближается к выходному напряжению ЗУ, зарядный ток устройства соответственно снижается и приближается к нулю в конце зарядки. Критерием в подобном случае является достижение напряжения на выводах АКБ 14,4 ±0,1 В. В некоторых случаях при неправильной эксплуатации автомобильных батарей их пластины могут сульфатироваться, и они выходят из строя. Восстановить такие аккумуляторные батареи можно при зарядке их "асимметричным" током. При этом соотношение зарядного и разрядного токов, как правило, выбирают 10:1. Это считается оптимальным режимом.

Для понимания работы модуля отключения (МО) ЗУ на **рис. 1** приведена структурная схема системы зарядки с контролем напряжения на выводах АКБ. В состав системы входят следующие основные составные части: ЗУ A1; МО A2; АКБ GB1. В состав

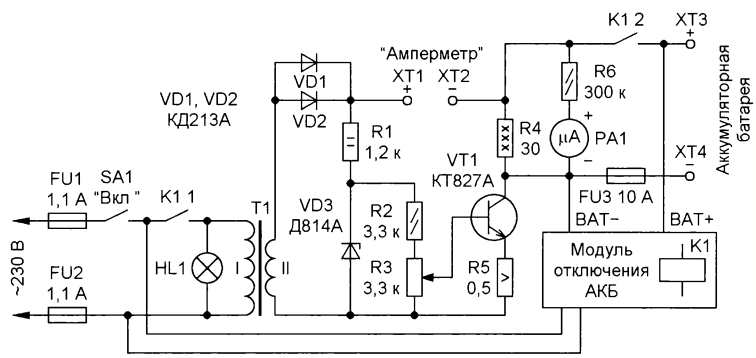


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

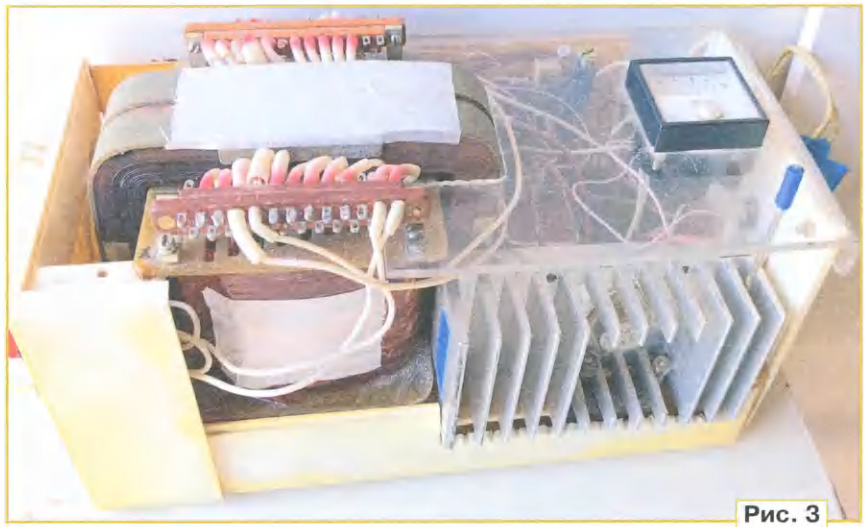


Рис. 3

МО А2 входят следующие функциональные узлы: узел контроля напряжения на АКБ и реле К1. При зарядке напряжение на АКБ увеличивается до некоторого заданного значения. И как только оно его достигнет, реле К1 отключит ЗУ А1 от сети (контакты К1.1) и от аккумуляторной батареи (контакты К1.2).

Схема ЗУ, которое может быть задействовано в вышеуказанной системе зарядки АКБ, приведена на **рис. 2**. Внешний вид ЗУ приведён на **рис. 3**.

Устройство обеспечивает импульсный зарядный ток до 10 А. Для зарядки и тренировки АКБ целесообразно устанавливать импульсный зарядный ток 5 А. Зарядка осуществляется положительными импульсами тока с обмотки II трансформатора Т1 в течение части периода сетевого напряжения, когда напряжение на клеммах XT3, XT4 превысит напряжение на АКБ. В течение другой части полупериода диоды VD1, VD2 закрыты, и аккумулятор разряжается через нагрузочный резистор R4. Понятно, что разрядный ток определяется сопротивлением этого резистора. Зарядный ток устанавливают резистором R3 по амперметру, подключаемому к клеммам XT1, XT2. Учитывая, что при зарядке батареи часть тока протекает и через резистор R4, то показания амперметра должны быть в районе 1,9±0,2 А для импульсного зарядного тока 5 А, поскольку амперметр показывает усреднённое значение тока за период, а зарядка осуществляется в течение части периода. Источником образцового напряжения служит стабилитрон VD3. Это напряжение через делитель R2, R3 поступает на базу транзистора VT1. Сетевое напряжение поступает на обмотку I трансформатора Т1 через предохранители (плавкие вставки) FU1, FU2, сетевой выключатель SA1 и контакты реле К1.1. Лампа HL1 позволяет визуально контролировать наличие сетевого напряжения, поступающего на обмотку I трансформатора Т1.

Основные технические характеристики ЗУ

Сетевое напряжение питания частотой 50 Гц, В ..... 230±10 %
Потребляемая мощность, ВА, не более 170
Задаваемый импульсный зарядный ток, А, не более 10

Группы контактов К1.1 и К1.2 реле К1 — из состава МО, его схема будет приведена ниже.

Для защиты от замыкания на выходе в устройстве предусмотрен предохранитель (плавкая вставка) FU3.

В устройстве применены резисторы С2-33Н-0,125, резистор R1 — С2-33Н-2, R3 — СП5-2ВБ, R4 — ПЭВ-30, R5 — С5-16МВ. В авторском варианте этот резистор состоит из последовательно включённых двух резисторов С5-16МВ-2 сопротивлением 0,2 Ом и одного С5-16МВ-2 сопротивлением 0,1 Ом. Подойдут любые другие с мощностью рассеяния 5 Вт и допуском 5 %. Стабилитрон VD3 подойдёт любой с напряжением стабилизации от 8 до 12,2 В. Реле К1 — РЭН34, исполнение ХП4.500.030-01.

Трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ 32×40, материал Э310. Первичная обмотка I содержит 554 витка провода ПЭТВ-2 0,8. Обмотка II содержит 66 витков провода ПЭТВ-2 1,6. Между обмотками необходимо проложить три слоя лакоткани ЛМШС-105-0,12 ГОСТ 2214-78. Катушку обернуть также тремя слоями вышеуказанной лакоткани. Трансформатор можно заменить любым другим с параметрами, указанными ниже.

Основные технические характеристики трансформатора

Максимальная выходная мощность, Вт, не менее 240
Напряжение вторичной обмотки
в режиме холостого хода, В ..... 22...25
в режиме номинальной нагрузки, В ..... 21...24
Максимальный ток обмотки II, А, не более 10
Электрическая прочность между первичной и вторичной обмотками, кВ 1,5
Сопротивление изоляции, МОм 500

Номинальный ток плавких вставок FU1, FU2 — 1,1 А, тип — ВП1-1,1А 1,1А/250В. Держатели плавких вставок — ДВП4-1в. Номинальный ток плавкой вставки FU3 — 10 А, тип — ВП1-2 10А/250В. Держатель плавкой вставки — ДВП4-2В. РА1 — микроамперметр М42306 ТУ25-7504-0037-87 с током полного отклонения 50 мкА. Электромонтаж цепей стабилизатора тока проводился сдвоенным проводом МГШВ-0,5. Транзистор VT1 необходимо установить на отдельный теплоотвод, поз-

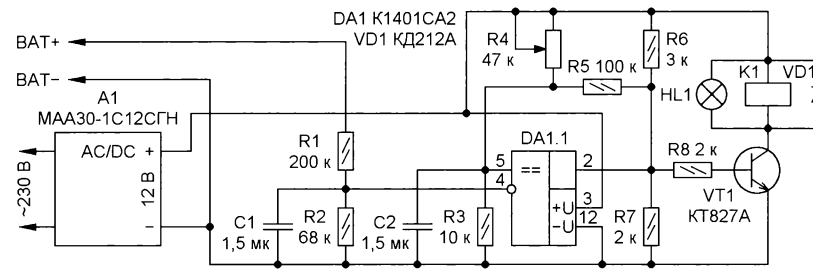


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

воляющий рассеивать мощность около 15 Вт, площадью 100...150 см^2.

Целесообразно проверить устройство на резистивной нагрузке. Для этого необходимо к клеммам XT3, XT4 подключить резистивную нагрузку сопротивлением 6±1 Ом ($P_{рас}$ = 60 Вт, I = 6 А), подойдёт реостат РСП 15±10 % Ом, 6,5 А. К клеммам XT1, XT2 подключают амперметр с пределом измерения тока до 10 А. Включают выключатель SA1 и устанавливают резистором R3 ток по амперметру 1,9±0,1 А. Через 2...3 ч работы проверяют тепловой режим работы устройства и показания амперметра. После подключения

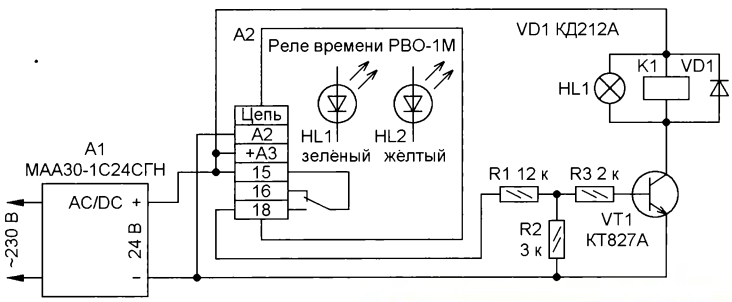


Рис. 5

АКБ значение зарядного тока резистором R3 по амперметру нужно установить в пределах 1,9±0,1 А.

Рассмотрим три типа МО для управления ЗУ на рис. 2. На рис. 3 показан МО с контролем напряжения на АКБ. Такой способ контроля, пожалуй, является уже "каноническим". Его часто можно встретить в технической литературе и в Интернете. Схема МО с контролем напряжения на АКБ на основе компаратора К1401СА2 приведена на **рис. 4**.

Постоянное питающее напряжение поступает на МО с модуля А1. Схема подключения МО к АКБ приведена на рис. 2. Напряжение с АКБ через делитель R1, R2 поступает на инвертирующий вход компаратора (вывод 4 DA1.1). Образцовое напряжение формирует делитель R3, R4, оно поступает на неинвертирующий вход компаратора (вывод 5 DA1.1). При не полностью заряженной АКБ напряжение на неинвертирующем входе компаратора DA1.1 больше, чем на инвертирующем входе. В этом случае на выходе компаратора присутствует напряжение высокого уровня. Транзистор VT1 открыт, реле K1 включено, его контакты K1.1 и K1.2 в ЗУ (рис. 2) замкнуты. Начинается процесс зарядки АКБ. Как только напряжение на инвертирующем входе компаратора DA1 превысит образцовое на неинвертирующем (батарея зарядилась), на выходе компаратора установится близкое к нулю напряжение. Транзистор VT1 закрывается, реле K1 обесточивается. Зарядка аккумуляторной батареи прекращается. В МО предусмотрена защита аккумулятора от неконтролируемой разрядки в случае пропадания сетевого напряжения. В этом случае реле K1 своими контактами из группы K1.2 отключит разрядную цепь аккумулятора. Зарядка не полностью заряженной АКБ начинается сразу после подачи сетевого напряжения на устройство. Гистерезис, задаваемый резистором R5, предотвращает переход в режим автогенерации.

Рис. 6

Настраивают МО так. Движок резистора R4 устанавливают в верхнее по схеме положение. Далее устанавливают выходное напряжение лабораторного источника питания, равное максимальному напряжению заряженной АКБ, и подключают его к клеммам XT3, XT4. Медленно перемещая движок переменного резистора R4 (уменьшая напряжение на выводе 5 компаратора DA1.1), добиваются включения реле K1 и лампы HL1.

Необязательно заряжать аккумулятор до 100 % его ёмкости. Основная функция аккумулятора — завести двигатель автомобиля, а далее система зарядки автомобиля при работающем двигателе, исправном генераторе и реле-регуляторе доведёт АКБ до нужной ёмкости. Другими словами, АКБ должна принять заряд, необходимый для того чтобы завести двигатель. Это значит ЗУ должно отработать определённый заданный интервал времени. Время зарядки АКБ зависит от её ёмкости и состояния. Схема МО с таймером, задающим рабочий интервал времени зарядки АКБ, приведена на **рис. 5**.

МО собран на основе реле времени РВО-1М производства ЗАО "Меандр" г. Санкт-Петербург. Его внешний вид показан на **рис. 6**.

Рассмотрим его работу. После подачи напряжения питания загорается зелёный индикатор HL1, реле начинает отрабатывать выбранную диаграмму, в период отсчёта заданной выдержки времени зелёный индикатор мигает. При включении встроенного реле загорается жёлтый индикатор HL2, при этом замыкаются контакты 15—18.

Основные технические характеристики РВО-1М с напряжением питания 24 В

Напряжение питания, В ..... 24 ±10 %
Интервалы выдержки времени импульса и паузы,
с ..... 1...10, 3...30, 10...100
мин ..... 1...10, 3...30, 10...100
ч ..... 1...10
Погрешность установки выдержки времени, %, не более 10
Погрешность отсчёта выдержки времени, %, не более 2
Время готовности, с, не более 0,15
Максимальный коммутируемый ток переменного напряжения 250 В или постоянного напряжения 30 В, А 3
Максимальное коммутируемое напряжение, В 400
Контакты ..... одна переключающая группа
Потребляемая мощность, ВА, не более 2
Режим работы ..... круглосуточный
Рабочее положение в пространстве ..... произвольное
Габаритные размеры, мм ..... 93×62×13

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

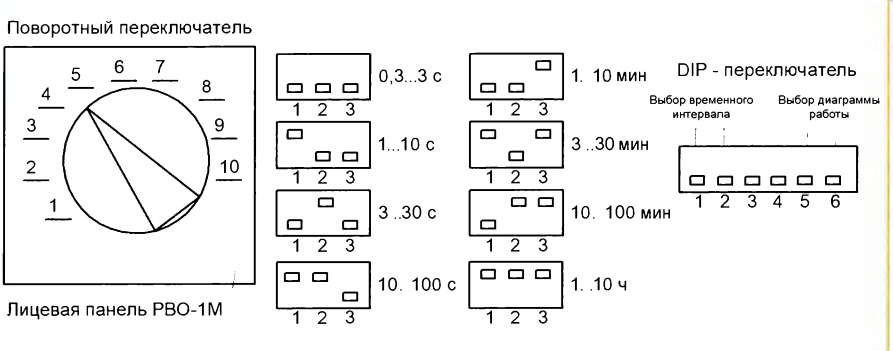


Рис. 7

На боковой стороне реле расположен DIP-переключатель для выбора интервала времени (микропереключатели 1, 2, 3) и диаграммы работы (микропереключатели 4, 5, 6). Реле имеет восемь интервалов выдержки времени. Задание требуемой выдержки в выбранном интервале устанавливается поворотным переключателем, расположенным на лицевой панели, в пересчёте на временной интервал, выбранный DIP-переключателем. Диаграмму работы реле устанавливают также с помощью DIP-переключателя. Смена диаграммы работы и множителей возможна только после отключения напряжения питания. На **рис. 7** приведён внешний вид поворотного переключателя и положение микропереключателей 1—6 в DIP-переключателе для временных интервалов реле РВО-1М.

Микропереключатели 4, 5, 6 DIP-переключателя задают диаграмму работы реле. Для РВО-1М предусмотрено восемь диаграмм: № 1, № 2, № 4, № 12, № 13, № 24, № 28, № 29. Номера диаграмм приводятся по внутрифирменной классификации. Для работы в МО необходимо выбрать диаграмму № 2. Эта диаграмма и положение микропереключателей 4, 5, 6 для диаграммы № 2 приведены на **рис. 8**.

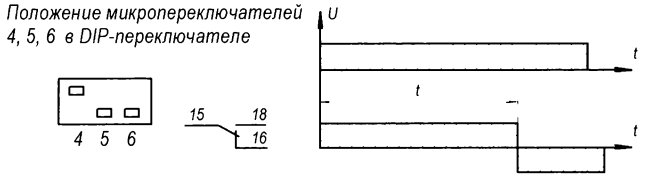


Рис. 8

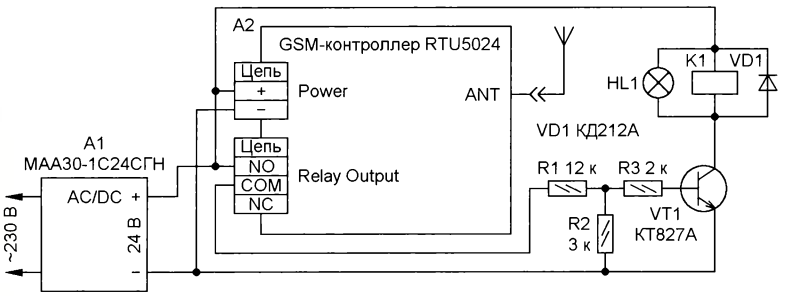


Рис. 10

Как уже упоминалось, время зарядки АКБ зависит от её ёмкости и состояния и занимает, как правило, от 1 до 10 ч. Это значит, что в РВО-1М выбираем интервал выдержки 1...10 ч. Отсчёт заданного времени начинается сразу при подаче напряжения питания, после чего реле включается, замыкаются контакты 15, 18 на заданный интервал времени. После подачи сетевого напряжения питающее входное постоянное напряжение поступает на МО с модуля питания A1. При замкнутых контактах 15, 18 реле времени A2 напряжение 24 В через делитель R1, R2 и резистор R3 поступает на базу транзистора VT1. Транзистор VT1 открывается, реле K1 включается, контакты K1.1 и K1.2 в ЗУ замыкаются. После окончания выдержки времени контакты 15, 18 реле времени размыкаются, транзистор VT1 закрывается, реле K1 обесточивается. Контакты K1.1 и K1.2 в ЗУ размыкаются, тем самым отключая АКБ от ЗУ, а ЗУ от сетевого напряжения.

Управлять ЗУ (включить/выключить) можно и удалённо, с помощью GSM-контроллера, например, таких как RTU5024, КСИТАЛ GSM и пр. На **рис. 9** приведён внешний вид GSM-контроллера RTU5024.

Рис. 9

Основные технические характеристики RTU5024

Напряжение питания, В ..... 9...24
Максимальный коммутируемый ток при напряжении 240 В, А 3
Поддержка 3-вольтовых SIM-карт
Разъём для подключения антенны ..... SMA

Схема МО с применением GSM-контроллера RTU5024 приведена на **рис. 10**.

RTU5024 — устройство, которое реализует удалённое управление (включить/выключить) различного оборудования по бесплатному звонку с мобильного телефона (SMS-команды). После установки SIM-карты в RTU5024, необходимо выполнить процедуру установки и настройки устройства, которая заключается в смене пароля и в настройках функций управления.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО начинающим
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

Светодиодная гибкая нить в праздничных и новогодних украшениях

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Наряду с так называемым гибким электролюминесцентным проводом (EL-провод, "холодный неон", "гибкий неон") [1] сейчас можно приобрести очень похожую на него гибкую светодиодную нить [2], которую можно с успехом применить в различных праздничных украшениях. Такой излучающий элемент называют филаментным (в переводе с английского — нить), он состоит из множества соединённых кристаллов светодиодов. В этом случае светодиодные кристаллы, соединённые параллельно, размещены на двухпроводной гибкой линии, которая залита мягкой эластичной оболочкой, очень похожей на силиконовую. На каждом сантиметре нити размещены семь кристаллов, а на её концах установлены металлические контакты для подачи питающего напряжения. Такие нити диаметром 2 мм можно приобрести различного свечения и длины, пока до 45 см.

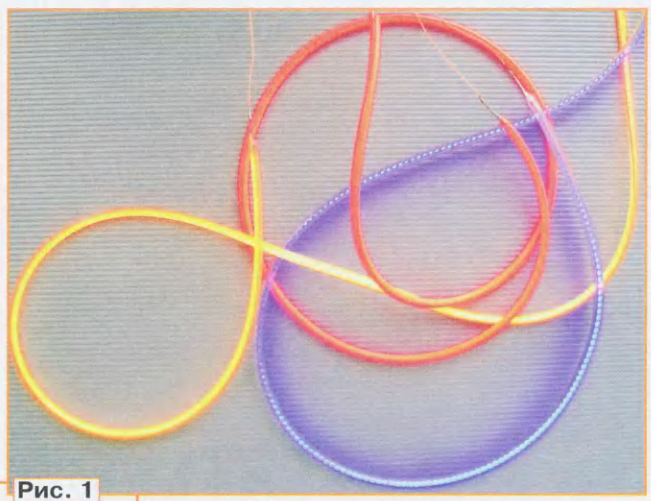
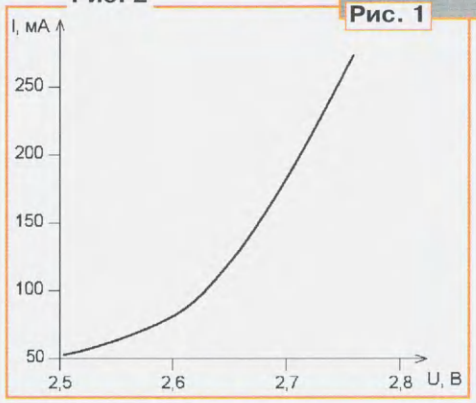


Рис. 1

На **рис. 1** показаны три светодиодные нити разного свечения (белый тёплый, красный и синий). Если заливка матовая, свечение более равномерное, хотя основная часть идёт со стороны установки кристаллов. При прозрачной заливке свечение идёт практически со стороны установки кристаллов. На **рис. 2** показана зависимость тока через нить длиной 36 см, при этом существенной разницы между нитями разного свечения нет. Сначала ВАХ повторяет ВАХ p-n перехода, а затем спрямляется, видимо, из-за влияния сопротивления двухпроводной линии. На рис. 1 через каждую из нитей протекает ток около 20 мА.

Такие светодиодные нити можно использовать в различных празд-

Рис. 2



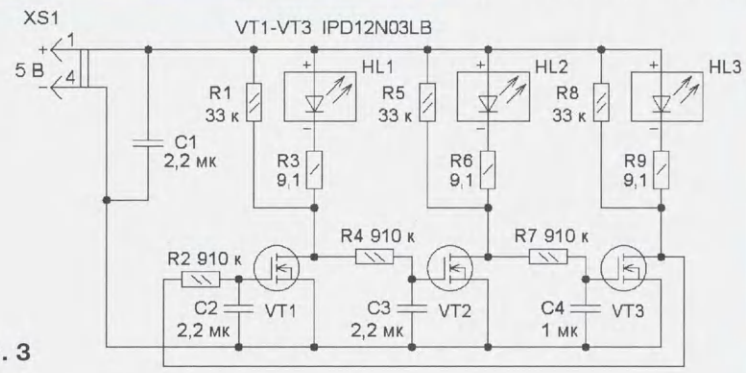
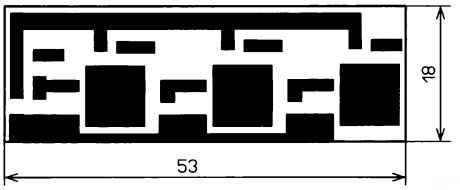


Рис. 3



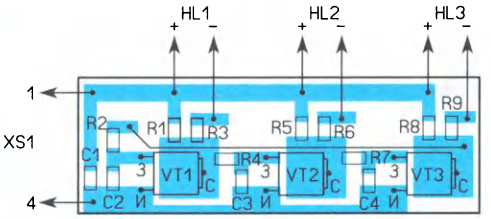


Рис. 4

Рис. 5

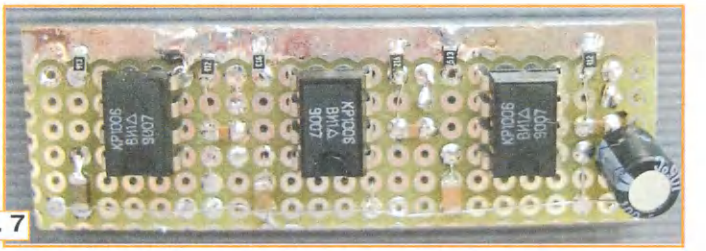


Рис. 7

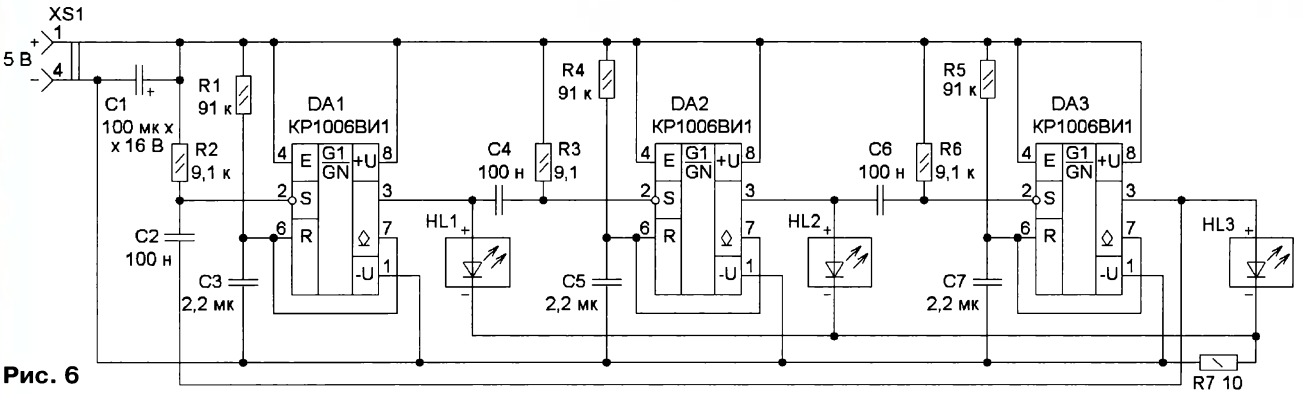


Рис. 6

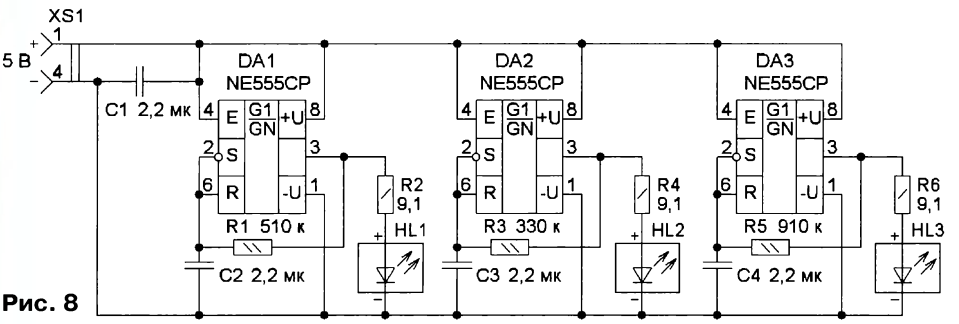


Рис. 8

ничных украшениях. Для этого надо сделать устройство управления, которое подаёт питающее напряжение на нити. Одним из таких устройств может быть трёхфазный генератор, с помощью которого несложно реализовать эффект бегущего огня. Схема такого генератора на полевых транзисторах показана на **рис. 3**. Он представляет собой три усилительных каскада, которые соединены между собой (выход с входом последующего) по кольцу с помощью RC-цепей R2C2, R4C3, R7C4. Резисторы обеспечивают отрицательную обратную связь по постоянному току, которая

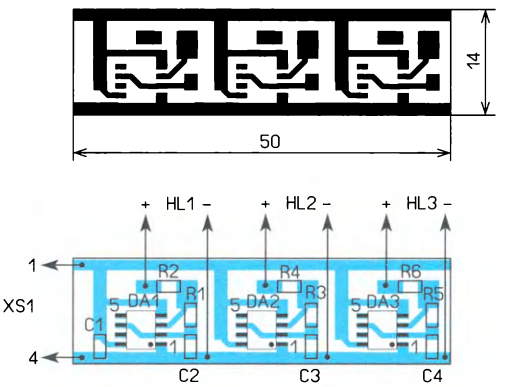


Рис. 9

выводит транзисторы на линейный (активный) участок передаточной характеристики. Конденсаторы нужны для реализации фазового сдвига, который обеспечивает генерацию, в результате которой транзисторы открываются и закрываются поочерёдно друг за другом. Чтобы обеспечить устойчивый запуск генератора, один из конденсаторов имеет существенно меньшую ёмкость.

Светодиодные нити HL1—HL3, включённые в цепь стоков, также включаются поочерёдно, при этом возникает эффект бегущего огня. Скорость переключения зависит от постоянной времени этих RC-цепей, с увеличением номиналов их элементов скорость уменьшается. Резисторы R3, R6, R9 — токоограничивающие. Резисторы R1, R5, R8 необходимы для подачи на затворы транзисторов полного напряжения питания в обход

светодиодных нитей. Установка этих резисторов не обязательна и может понадобиться при малом напряжении питания. Конденсатор C1 — блокировочный по питанию. Поскольку в этом генераторе транзисторы работают не в ключевом режиме, а открываются и закрываются относительно плавно, на них рассеивается повышенная мощность. Поэтому и применены транзисторы средней мощности. Кроме того, это позволяет использовать в каждом канале несколько параллельно соединённых светодиодных нитей.

Питать устройство можно от сетевого источника питания напряжением 5 В, это может быть зарядное устройство сотового телефона. Для указанных на схеме элементов максимальный ток

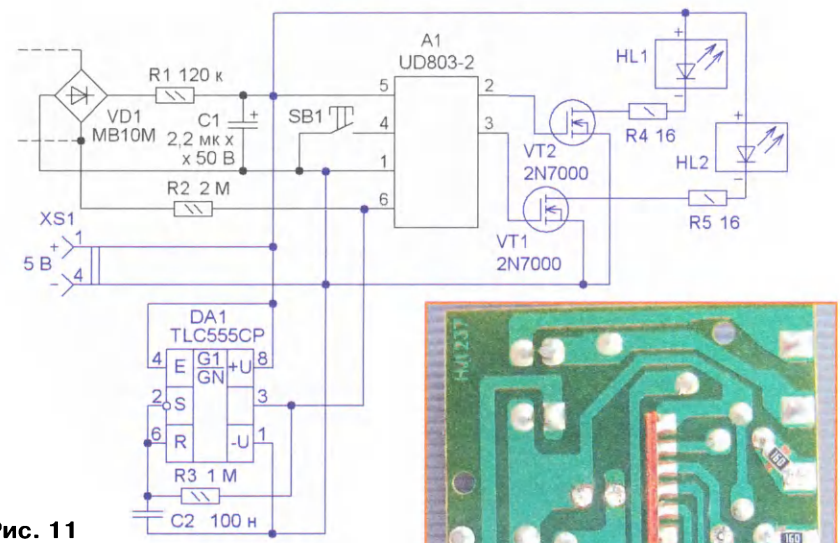
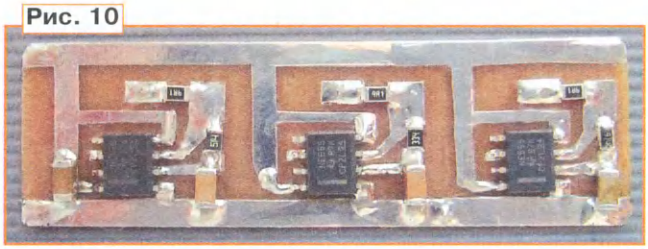


Рис. 11

каждой светодиодной ленты при напряжении 5 В — 250 мА. Поэтому источник питания должен обеспечивать ток до 500 мА. Поскольку применены транзисторы с небольшим напряжением открывания, устройство устойчиво работает при минимальном напряжении 3 В, что позволяет для его питания использовать Li-Ion аккумулятор.

Все элементы устройства размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм, чертёж которой показан на **рис. 4**. Применены постоянные резисторы типоразмеров 0805, 1206, конденсаторы — керамические типоразмера 1206. Транзисторы (IPD12N03LB в корпусе TO-252 [3]) могут быть аналогичными с малым напряжением открывания (logic level), например, SDU04N60HZ, P45N02LD, FDD6035AL, такие транзисторы широко применялись на материнских платах ПК. Если ограничить ток через светодиодные нити значением 100 мА (подборкой токоограничивающих резисторов), можно будет применить маломощные полевые транзисторы серии 2N7000 и аналогичные. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 5**.

Рис. 10



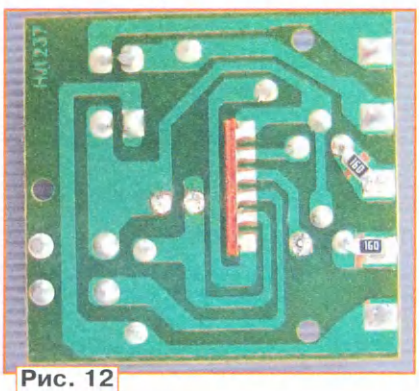


Рис. 12

Трёхфазный генератор можно сделать и на другой элементной базе, например, на таймерах серии 555 или КР1006ВИ1. Схема такого генератора показана на **рис. 6**. Он содержит три одинаковых одновибратора, которые закольцованы. Запуск каждого из одновибраторов осуществляется сигналом от предыдущего через дифференцирующие RC-цепи R2C2, R3C4, R6C6. Длительность импульса определяется постоянными времени RC-цепей R1C3, R4C5, R5C7. Когда на выходе одновибратора присутствует напряжение высокого уровня, включается подключённая к его выходу светодиодная нить. Когда импульс заканчивается, нить гаснет, одновременно отрицательный перепад напряжения через дифференцирующую цепь поступает на вход S следующего таймера и запускает одновибратор. Так происходит последовательный запуск одновибраторов, поэтому светодиодные нити последовательно переключаются. Скорость переключения зависит от длительности импульсов, т. е. параметров RC-цепей R1C3, R4C5, R5C7. Для каждого одновибратора можно установить разную длительность импульса. Поскольку для всех светодиодных нитей использован один токоограничивающий резистор, при одновременном включении двух нитей яркость ранее светившей немного уменьшается, что разнообразит эффект.

Поскольку схема генератора несложная, все детали можно смонтировать на макетной печатной плате с металлизированными отверстиями с шагом 2,5 мм (2,54 мм). На ней удобно установить микросхемы в корпусе DIP8, оксидный конденсатор K50-35 или импортный, а также резисторы и конденсаторы для поверхностного монтажа типоразмеров 0805, 1206 (**рис. 7**). Таймеры могут быть серии NE555, LM555 и аналогичные. Налаживание сводится к изменению скорости переключения за счёт подборки элементов RC-цепей R1C3, R4C5, R5C7. Яркость свечения нитей можно установить подборкой резистора R7, его можно установить на плате или в жгуте соединительных проводов. Выходной ток таймера не должен превышать 100 мА.

На основе таймеров серий NE555, LM555 можно сделать несколько независимых генераторов и подключить к их выходам светодиодные нити. В этом случае они будут вспыхивать независимо друг от друга. Схема такого варианта устройства показана на **рис. 8**. Частоту генератора определяет RC-цепь в цепи обратной связи (между выходом и входами S и R), она может быть различной для разных генераторов.

В устройстве применены элементы для поверхностного монтажа, микросхемы — в корпусе SO8, конденсаторы — типо-

размера 1206, резисторы — типоразмеров 0805, 1206. Все элементы, кроме светодиодных нитей, размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм, чертёж которой и размещение элементов показаны на **рис. 9**. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 10**.

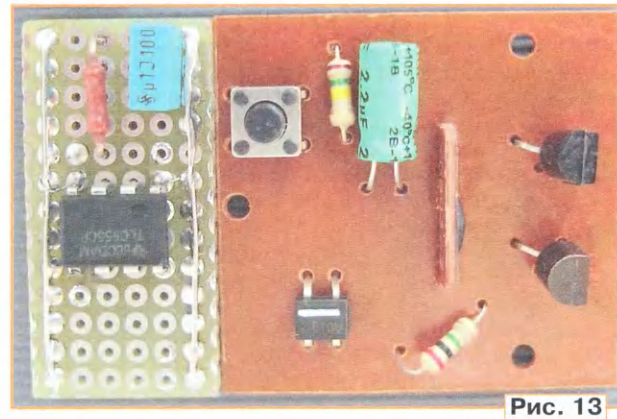


Рис. 13

Если для управления светодиодными нитями применить специализированную микросхему или модуль, можно существенно увеличить число и разнообразие световых эффектов. Таким модулем может быть драйвер сетевых светодиодных ёлочных гирлянд, который можно приобрести в Интернете или использовать от перегоревшей электрогирлянды. Более подробно о таком драйвере и о том, как его использовать для управления другими элементами, в частности "гибким неоном", рассказано в [4].

Схема двухканального драйвера и подключение к нему дополнительных элементов показаны на **рис. 11**. Нумерация элементов — сквозная, дополнительные элементы выделены цветом. В драйвере используется модуль UD803-2, который в штатном варианте управляет тиристорами, для управления светодиодными линиями их заменяют транзисторами 2N7000, BS170. Резисторы R4 и R5 — токоограничивающие. В штатном режиме модуль тактируется от сети сигналом частотой 50 Гц, поступающим на вывод 6. В этом устройстве тактовый сигнал формируется генератором на таймере DA1. Питается устройство напряжением 5 В от сетевого блока питания, например зарядного устройства сотового телефона.

На плате драйвера тиристоры заменяют полевыми транзисторами, а резисторы R4, R5 монтируют на предварительно перерезанных печатных проводниках (**рис. 12**). Элементы генератора можно смонтировать на макетной печатной плате и затем приклеить к плате драйвера (**рис. 13**). Соединения проводят изолированным монтажным проводом. Если к устройству планируется подключить несколько светодиодных нитей, следует применить более мощные полевые транзисторы, например серий IRFZ30, IRFZ40 или аналогичные. Токоограничивающие резисторы должны быть установлены в цепь каждой светодиодной нити. Источник питания должен обеспечить потребляемый ток. Частоту генератора можно изменить подборкой резистора R3, от неё зависит скорость изменения световых эффектов.

Платы всех устройств можно разместить в пластмассовых корпусах подходящего размера, для соединения со светодиодными нитями надо использовать гибкие монтажные провода в изоляции. При этом пайку следует проводить быстро и аккуратно. Светодиодные нити можно разместить на украшаемом предмете или какой-либо поверхности, придав желаемую форму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электролюминесцентный провод. — URL: **https://clck.ru/3GPsC6** (07.06.25).

2. LMCWAN DIY LED Filament Flexible. — URL: **https://aliexpress.ru/item/1005008492557373.html?sclid=mbm09a79ru598332748&sku_id=12000045387137395** (07.06.25).

3. IPD12N03LB. — URL: **https://clck.ru/3MVbM7** (07.06.25).

4. **Нечаев И.** "Неоновая нить" в праздничных и новогодних украшениях. — Радио, 2025, № 6, с. 51—56.

От редакции. *Чертежи печатных плат находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/12/nit.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Игрушка-жезл "Узоры" на матрице 16×16 светодиодов WS2812B

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

Статья продолжает авторскую тему из [1]. Появление в продаже малогабаритной светодиодной матрицы 16×16 [2] на "твёрдой" плате (**рис. 1**) существенно расширяет творческие возможности радиолюбителей. Генерацию узоров можно реализовать на примере игрушки-жезла, которая может быть полезна при проведении различных детских праздников. Её внешний вид представлен на **рис. 2**, а схема — на **рис. 3**.

Напряжение питания через выключатель SA1 поступает на модуль микроконтроллера A1 (**рис. 4**) и светодиодную матрицу A2, которой управляет модуль A1. Особенностями модуля являются наличие трёх дополнительных адресных светодиодов, компактность, возможность крепить к гладким поверхностям с помощью двухстороннего скотча. К недостаткам следует отнести невозможность расположить модуль на макетной плате из-за нестандартного расстояния между параллельными рядами отверстий. Разъём XS1 служит для зарядки аккумулятора G1 от внешнего зарядного устройства.

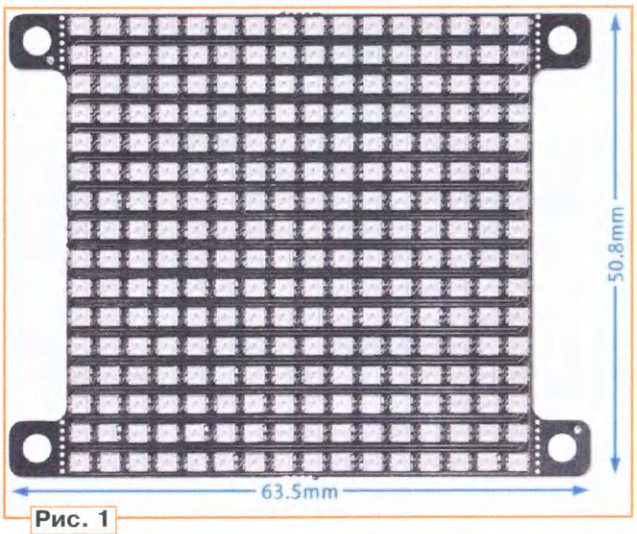


Рис. 1

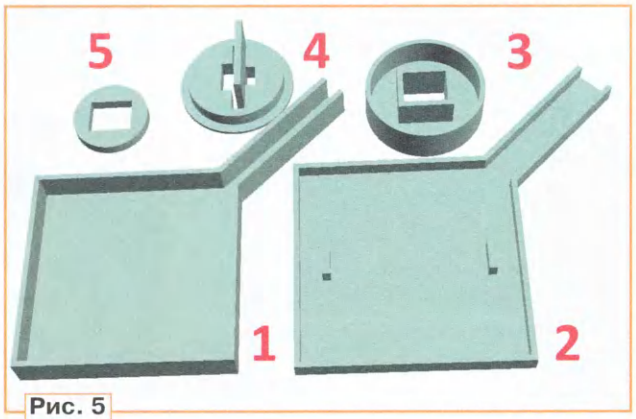


Рис. 5

задаёт значения компонент цвета свечения пик-

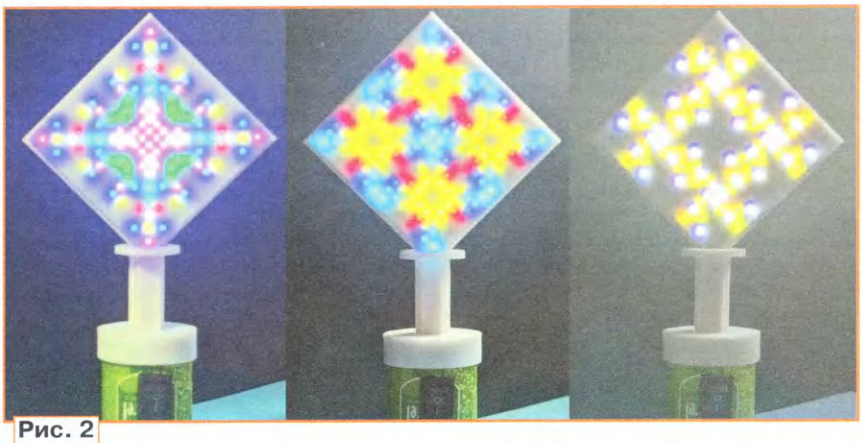


Рис. 2

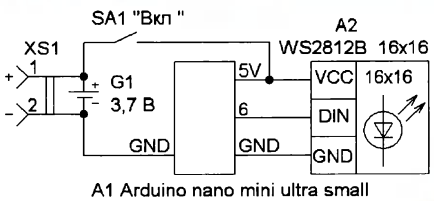


Рис. 3

селя R, G, B (последние три аргумента в функции). Например, красная составляющая рассчитывается как R=(cv%2)*M и при выбранном цвете cv=1 будет равна 2 (интервал значений 0—255).

Модуль A2 имеет отличный от матрицы из [1] порядок соединения светодиодных модулей. Каждый столбец подключён к одной общей линии, что делает обращение программы к каждому элементу простым — по координатам (номерам) столбца и строки. Матрица имеет меньший потребляемый ток, чем её аналог на светодиодах типоразмера 5050, и визуально одинаковую яркость свечения при питании напряжением 5 В или 3,7 В, особенно при низких значениях.

Переменная M в скетче является аргументом функции **strip.setPixelColor(massiv_per[n][in], (cv%2)*M,((cv/2) %2)*M, ((cv/4) %2)*M);**. Было использовано M= = 2 из интервала 0—255. Оно

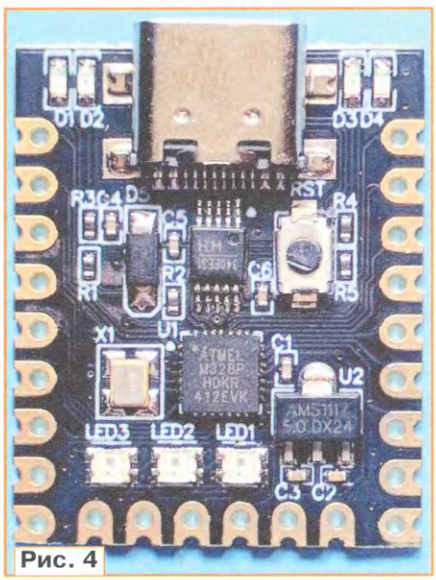


Рис. 4

Для изготовления корпуса игрушки использованы элементы, распечатанные на 3D-принтере (**рис. 5**). Это футляры 1 для укладки матрицы и 2 для укладки аккумулятора с желобами для укладки соединительных проводов. Крышка-переходник 3 соединяет ручку игрушки с корпусом-экраном. Пробка-крышка 4 закрывает ручку снизу. В ней располагается модуль A2 и разъём X1. Кольцо 5 дополнительно стягивает между собой элементы 1 и 2.

На **рис. 6** показана конструкция в сборе. Дополнительно в качестве ручки использован отрезок 6 пластмассового тубуса диаметром 29 мм от растворимых шипучих таблеток. Выключатель питания 7 плотно вставлен в прямоугольный вырез в боковой стенке ручки. Его удобно сделать остриём перочинного ножа. Для придания конструкции дополнительной прочности после проверки работоспособности уст-

Рис. 6

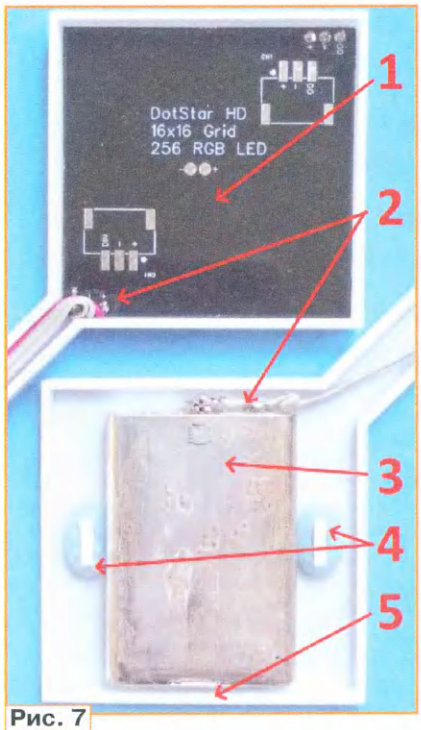


Рис. 7

ройства печатные элементы и ручку можно соединить между собой с помощью нескольких капель "секундного" клея.

Сборку (**рис. 7**) удобнее начинать с укладки матрицы 1 и аккумулятора 3. Для этого сначала с помощью пассатижей аккуратно отламывают от светодиодной матрицы крепёжные выступы с отверстиями, располагая губки инструмента вдоль линии перфорации на плате матрицы (линия сквозных отверстий). Оставшиеся заусенцы удаляют с помощью наждачной бумаги. Аккумулятор размерами 51×33×5,5 мм использован от сотового телефона. С него удаляют информационную этикетку, и защитную плату, оставляя только выводы-лепестки. Для предотвращения замыканий корпус аккумулятора оборачивают прозрачным скотчем 3. На дне футляра его крепят с помощью отрезка двухстороннего скотча. Сбоку на ограничители надевают резиновые колечки 4. Автор использовал для их изготовления амортизаторы от автомобильного CD-привода. Гибкими изолированными проводами производят соединения контактов 2 и укладывают их в каналы. Далее соединяют все элементы футляров в единый корпус экрана, оставляя щель 5 для боковой стенки футляра матрицы. Далее (см. рис. 6) надевают кольцо 5 и крышку 3. Провода выключателя пропускают в

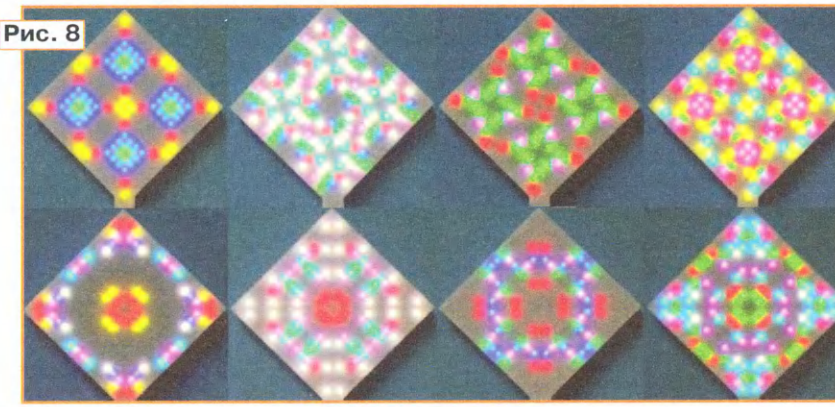


Рис. 8

окно 7 и припаивают к контактам выключателя, поместив его в ручку-трубку. Выводят провода вниз и припаивают к плате и разъёму. Вставляют последние в пробку 4 (можно зафиксировать клеем или двухсторонним скотчем). Пробку вставляют в ручку, провода при этом вставляют внутрь ручки.

Примеры генерируемых узоров показаны на **рис. 8**. Концепт генерации для написания авторских вариантов управляющих скетчей и других похожих состоит из следующих определяющих моментов.

1. Узор состоит из одного базового фрагмента со многими повторениями.

2. Фрагмент сдвинут, отзеркален, повёрнут относительно соседнего (допустимы варианты разных сочетаний).

3. Цвета каждого фрагмента смещаются в массиве по кольцу от кадра к кадру, тем самым создавая анимацию появления и исчезновения узора.

4. Периодически в массив псевдослучайно попадает новый цвет нулевого пикселя или 0 (выключение пикселя).

5. Нумерация пикселей в матрице не совпадает с нумерацией во фрагментах, поэтому (как вариант программирования) нужен массив-переходник номеров.

6. Порядок нумерации (условный) пикселей внутри фрагмента может быть произвольным, например змейкой (**рис. 9** в правом верхнем углу).

Так, на рис. 9 базовый фраг-

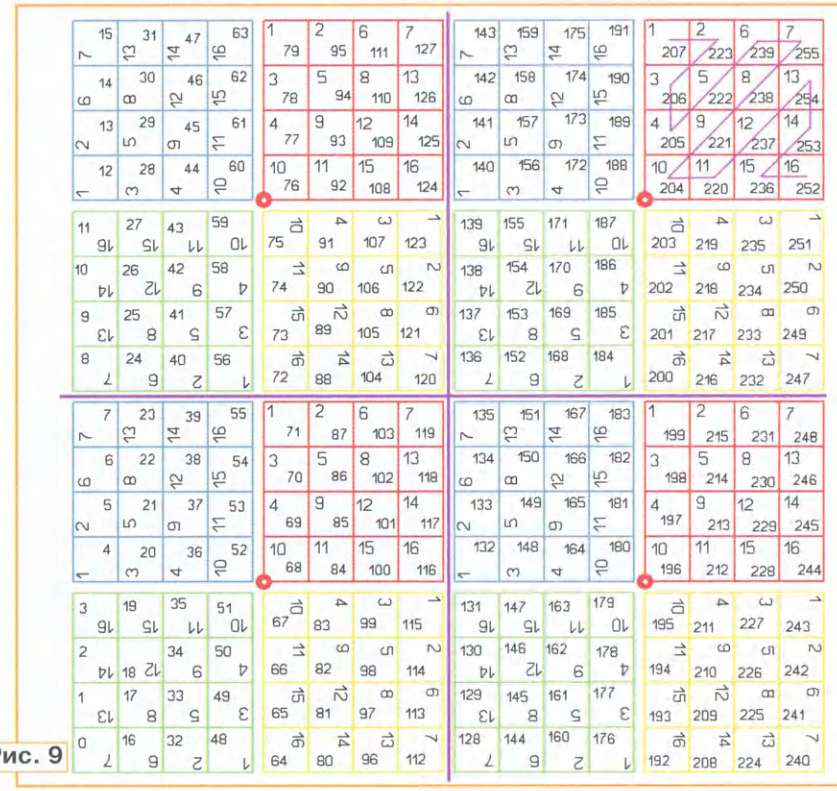


Рис. 9

мент содержит 16 элементов с номерами 1—16. Номера пикселей в цепочке матрицы совершенно другие — 207,223,206, 205,222... Соседний фрагмент (выделен жёлтым цветом) повёрнут на 90 градусов по часовой стрелке, и его первые элементы в цепочке матрицы имеют уже другие номера 251,250,235,219, 234... Следующие два фрагмента (салатовый и голубой) также повёрнуты на 180 и 270 градусов соответственно относительно первого. В данном примере четыре фрагмента образуют блок, который повторяется в матрице четыре раза (разделены блоки фиолетовыми отрезками). Синхронное переключение пикселей с одинаковыми номерами в фрагментах и создаёт анимацию узора — его трансформацию.

В приведённых примерах фрагмент состоит из квадрата 4×4 пикселя (верхняя линия узоров на рис. 8) и прямоугольного треугольника с катетами 7×7 пикселей (нижняя линия узоров на рис. 8).

При самостоятельной разработке формы узора и массива-переходника удобно пользоваться схемой (см. рис. 9) перенумерации сообразно замыслу, указывая на ней все фрагменты, порядок обхода элементов и номера пикселей в двух позициях (номер в цепочке светодиодов, номер внутри фрагмента). А сам массив должен быть двумерным по номерам фрагментов и номерам элементов фрагмента (пикселям).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамичев Д.** Генерация узоров на матрице 8×32 из светодиодов WS2812B. — Радио, 2023, № 3, с. 62, 63.

2. Светодиодное кольцо WS2812 RGB. — URL: **https://clck.ru/3NEY6q** (22.07.25).

От редакции. *Файлы проекта и видеоролики, иллюстрирующие работу устройства, находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/12/uzor.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Ответы на викторину "Платы расширения Seeed Studio"

("Радио", 2025, № 11, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1 **Ответ — 1.** J2 — это проприетарный разъём фирмы Seeed Studio, с помощью которого через кабели соединяются в единую систему различные модули платформы Grove. Каждый разъём имеет четыре информационных контакта, на которые в разной комбинации подаются: питание VCC, общий провод GND, сигналы интерфейсов UART, I2C, аналоговые и цифровые входы и выходы Arduino.

Конструктивно разъёмы Grove похожи на разъёмы JST с шагом 2 мм, но физически они не совместимы из-за разной высоты расположения контактов. Аналогом разъёмов Grove служат HY2.0-4P фирмы CAX. При желании можно выпаять разъём Grove и заменить его на JST-PH-2.0, поскольку у них одинаковые посадочные места.

Если разъём Grove имеет исполнение SMD, то для увеличения механической прочности по бокам добавляются ещё два контакта (**рис. 1**) с условными номерами 5 и 6. Площадки для их запаивания в печатную плату обычно соединяют с общим проводом ("земляной поверхностью" — GND), чтобы увеличить силу сцепления. К экранированию сигналов это не имеет никакого отношения.

Рис. 1

2 **Ответ — 1.** Разработчики фирмы Seeed Studio придерживаются строгих инженерных правил и в разных модулях применяют одни и те же хорошо зарекомендовавшие себя схемные решения. К примеру, двухсторонние преобразователи логических уровней выполняют исключительно на MOSFET 2N7002, CJ2102, BSS138, BSN20 с нагрузочными резисторами 4,7 кОм или 10 кОм. Как правило, осуществляется преобразование уровней 1,8/5 В, 3/5 В или 3,3/5 В, что хорошо согласуется с модулями Arduino.

Однако параметры транзисторов позволяют увеличить верхнее преобразуемое напряжение вплоть до 50...60 В. Например, допустимое напряжение "сток—исток" и "затвор—сток" для транзисторов Q1, Q2 BSN20 составляет 50 В, поэтому напряжение в цепи VCC вполне может быть 5...30 В.

Важный момент. Ответ на вопрос викторины VCC < 10 В нельзя считать правильным, поскольку формально отсутствует ограничение снизу. В любом случае напряжение VCC должно быть больше 3,3 В, иначе преобразователь уровней перестанет работать.

3 **Ответ — 1.** В модуле распылителя воды Grove Water Atomization главным элементом является водозащищённый пьезоизлучатель, подключаемый к разъёму J2. Он погружается в воду и вибрирует на частоте свыше 100 кГц, создавая облако "тумана" и увлажняя помещение.

На разъём J2 подаются разнополярные импульсы большой амплитуды от генератора, который собран на транзисторе Q3,

токоограничивающих резисторах R7, R8, накопительном дросселе L2, разделительном конденсаторе C7 и конденсаторе нагрузки холостого хода C8. Убедиться в том, что импульсы

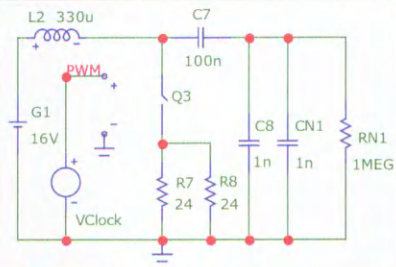


Рис. 2

действительно разнополярные, можно моделированием в программе Micro-Cap 12 (**рис. 2**).

4 ● **Ответ — 0**. На микросхеме трёхвыводного стабилитрона (параллельном стабилизаторе напряжения) U2 собран ИОН с буферным повторителем на микросхеме U1A. "Говорящее" название цепи 1V5 подсказывает, что номинальное напряжение $V_{ИОН}$ = 1,5 В.

Как известно, трёхвыводные стабилитроны характеризуются параметром V_{REF}, т. е. напряжением своего внутреннего стабилизатора. От него зависит выходное напряжение, рассчитываемое по формуле $V_{ИОН} = V_{REF} \cdot (1 + R5/R7)$, откуда $V_{REF} = V_{ИОН}/(1 + R5/R7) = 1,5/(1 + 2/10) = 1,25$ В. Именно такое напряжение V_{REF} имеет применённый в рассматриваемом модуле Grove High Temperature Sensor стабилитрон CJ432 фирмы Changjing Technology.

5 ● **Ответ — 1**. Модули платформы Grove, в которых применяются интегральные датчики газа (CO_2, метан, азот и т. д.), в процессе эксплуатации требуют бережного обращения. Корпус датчика должен быть защищён от механических повреждений, от попадания внутрь мелких предметов, но он должен свободно пропускать воздух. С этой целью верхнюю часть датчика обычно закрывают сетчатым колпаком или мелкопористой мембраной, которую нельзя срывать или повреждать при работе.

В рассматриваемой плате датчик SCD40-D-R2 фирмы Sensirion измеряет концентрацию углекислого газа CO_2 в пределах 400...2000 ppm, влажность воздуха 0...100 %RH и температуру −10...+60 °C. При измерениях используется фотоакустический принцип недисперсионной инфракрасной спектроскопии (NDIR), что обеспечивает высокую точность при низкой цене и компактном форм-факторе корпуса.

В документе [1] имеется прямое указание: "Для обеспечения правильной работы датчика запрещается снимать или вносить изменения в белую защитную мембрану, расположенную на его верхней части. Скошенный угол защитной мембраны указывает на местоположение первого контакта".

Рис. 3

Для справки: на плате модуля хорошо виден логотип платформы Grove (**рис. 3**) и специфические фигурные пазы и выступы, характерные для оригинальной продукции фирмы Seeed Studio.

6 ● **Ответ — 0**. Чип ST25DV64KC фирмы STMicroelectronics служит для бесконтактного обмена данными NFC/RFID в радиочастотном режиме согласно стандартам ISO 15693 и NFC T5T. Внутри чипа между выводами AC0, AC1 встроен конденсатор ёмкостью 28,5±2 пФ [2]. Это соответствует классификации чипов Pro and Standard, принятой на фирме Texas Instruments, при их работе на частоте F = 13,56 МГц.

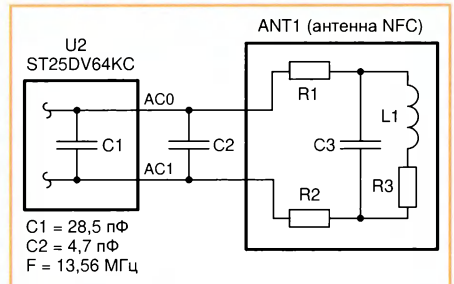


Рис. 4

Расчёты проводятся согласно эквивалентной схеме (**рис. 4**). Паразитные и конструктивные элементы C3, R1—R3 имеют малые ёмкости и сопротивления, поэтому в расчёте не учитываются.

Ориентировочная индуктивность антенны определяется по формуле для параллельного контура $L1 = 1/(4 \cdot \pi^2 \cdot F^2 \cdot (C1 + C2)) = 1/(4 \cdot 3,14^2 \cdot 13,56^2 \cdot (28,5 + 4,7)) = 4,15$ мкГн.

7 ● **Ответ — 0 или 1**. Датчик тока Grove Electricity Sensor представляет собой тороидальную катушку индуктивности L1, через центр которой пропускается проводник исследуемой цепи. Датчик имеет хорошую гальваническую развязку. Согласно справочным данным, он преобразует переменный ток в проводнике силой до 5 А с частотой 20...20000 Гц в низковольтное напряжение 0...2 В с нелинейностью 0,2 %.

При работе в сети постоянного тока датчик может регистрировать переменную составляющую (чувствительность регулируется подбором резисторов R1, R2). Кроме того, датчик будет генерировать импульсы разной полярности при включении и выключении питания. Ориентироваться помогут условные знаки полярности плюс и минус (P$1, P$2).

8 ● **Ответ — 0**. Grove Smart IR Gesture Sensor — это модуль распознавания жестов на основе алгоритмов ИИ, оснащённый инфракрасной камерой PAG7646J1, процессором PAG7661QN и светодиодной ИК-подсветкой. Способен распознавать не менее 15 жестов рукой, в том числе сжатие, касание, захват, вращение, а также подсчёт числа пальцев (**рис. 5**).

Плата имеет размеры 4,3×2,1 см, что облегчает её использование в сфере обслуживания слабослышащих людей. Может подключаться к Arduino через интерфейс I^2C или напрямую к компьютеру через разъём Type-C. Дальность обнаружения жестов — 5...35 см, активная рабочая область 48×36 см на расстоянии 30 см.

Базовое положение платы — горизонтальное, на что указывает стилизованная фигурка человека слева над двумя объективами ИК-светодиодов. Произвольный поворот платы или её вращение на 90 град резко затрудняют процесс обучения ИИ, поэтому в данной версии модуля такая возможность не реализована.

9 **Ответ — 0**. Оригинальность технического решения заключается в двухконтактной цанговой панели, расположенной в правой части платы Grove. В неё можно вставлять светодиоды LED разного цвета свечения, в том числе двухцветные с двумя выводами.

Цанговая панель имеет круглые отверстия, обеспечивающие хороший электрический контакт и механическую жёсткость крепления. Опасаться, что светодиод выйдет из строя при установке в неправильной полярности, не надо, поскольку напряжение питания модуля 5 В, а маломощные светодиоды, выпускаемые разными фирмами, выдерживают обратное напряжение $V_{ОБР}$ = 5 В.

10 **Ответ — 0**. Электромагнит ZYE1-P20/15 фирмы Yueqing ZhengYong при диаметре 20 мм и высоте 15 мм позволяет удерживать грузы весом до 1...1,5 кг при напряжении 6 В и потребляемой мощности 3 Вт. На практике модуль Grove Electromagnet может использоваться как магнитный держатель для перемещения металлических предметов в технологических линиях, сортировочных машинах, лабораторном оборудовании, в учебных процессах.

Для повышения надёжности рекомендуется прерывистый режим работы, чтобы тепло, выделяющееся при протекании тока через катушку электромагнита, не вызывало перегрев корпуса. Это подтверждает тестовый скетч Arduino, в котором электромагнит работает согласно циклу — 1 с работы (лог. 1 на входе SIG), 1 с паузы (лог. 0 на входе SIG).

Однако ничто не мешает подавать на вход SIG сигнал с ШИМ, при этом в зависимости от скважности будет изменяться средняя энергия, запасаемая в катушке электромагнита, а значит, и сила магнитного притяжения.

ШИМ-управление позволяет снизить общий ток потребления, выставить оптимальную (не чрезмерную) силу удержания предмета, а при большой скважности ШИМ обеспечить непрерывную работу без пауз и перегрева.

11 **Ответ — 0**. Вибромотор ANDA-B1020 фирмы Anda Electronic разработан специально для применения в мобильных телефонах. Для получения эффекта вибрации не требуется подавать на вибромотор импульсы. Достаточно установить и удерживать уровень лог. 1 на входе SIG, при этом открывается транзистор Q2 и включается вибромотор B1. Резистор R4 ограничивает ток, а диод D1 снижает выбросы напряжения на коллекторе транзистора Q2, что является стандартом при коммутации больших индуктивных нагрузок.

Частота вибрации определяется конструкцией вибромотора. В его параметрах указывается единица частоты вращения, в данном случае 12500 rpm (**R**evolutions **P**er **M**inute) — это число полных оборотов вала вокруг оси за одну минуту. Если разделить на 60, то получится частота вращения (вибрации) в герцах — 12500/60 = 208 Гц.

12 **Ответ — 1**. Модуль Grove Relay изначально рассчитан на питающее напряжение VCC = 5 В и работу с управляющими сигналами от платы Arduino с амплитудой 5 В. Для включения транзистора Q1 при этом требуется ток не более $I_{ВКЛ}$ = 1 мА.

По условиям вопроса викторины на вход D1 должен поступать уровень лог. 1 с выхода микросхемы CD4001B фирмы Texas Instruments (четыре элемента "2-ИЛИ-НЕ") при напряжении питания 15 В. Согласно её справочным данным, гарантируется ток нагрузки не менее $I_{ОН}$ = 3,4 мА при напряжении лог. 1 $V_{ОН}$ = 13,5 В. Хватит ли этого для включения транзистора Q1 с $V_{БЭ}$ = 0,6 В?

Формула проверки $I_X = (V_{ОН} - V_{БЭ})/R1 = (13,5 - 0,6)/4,7 = 2,7$ мА. Поскольку $I_{ОН} > I_X > I_{ВКЛ}$, то транзистор Q1 однозначно откроется, после чего сработает реле U1, но...

Вопрос викторины содержит подвох, поскольку предполагается, что напряжение питания VCC = 15 В общее как для микросхемы CD4001B, так и для стабилизатора U9 в модуле Grove. Однако входное напряжение стабилизатора XC6206P302 фирмы Torex не должно превышать 6 В, следовательно, напряжение 15 В для него запредельное. Какой возможен исход? Во-первых, в стабилизаторе U9 произойдёт внутренний обрыв, и на его выходе будет нулевое напряжение, реле U1 не сработает. Во-вторых, в стабилизаторе U9 произойдёт пробой между входом и выходом, и на трёхвольтовое реле U1 будет подаваться напряжение 15 В, которое с большой долей вероятности выведет его из строя. Возможны и другие (самые экзотические) предположения, но в любом случае ситуация не вполне определённая.

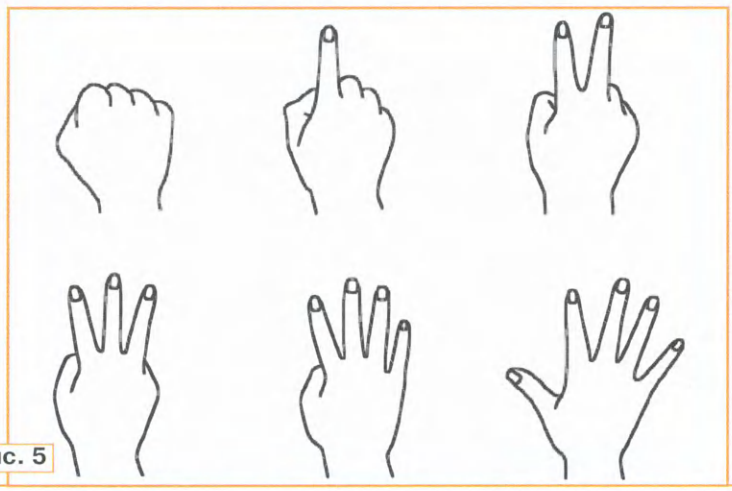


Рис. 5

ЛИТЕРАТУРА

1. SCD4x. URL: **https://sensirion.com/media/documents/E0F04247/631EF271/CD_DS_SCD40_SCD41_Datasheet_D1.pdf** (10.09.25).

2. ST25DV04KC, ST25DV16KC, ST25DV64KC. — URL: **https://docs.rs-online.com/a335/A700000009031020.pdf** (10.09.25).

От редакции. *На нашем FTP-сервере по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/12/micro.zip*** *находятся файлы для симулятора Micro-Cap.*

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2025 год

Первое число после названия статьи обозначает номер журнала, второе — страницу (начало статьи). Материалы рубрик "Обмен опытом" и "Дополнение к напечатанному" ("Наша консультация", "Обратите внимание") включены в соответствующие тематические разделы содержания.

Уважаемые читатели! 1 4
Информация нашим авторам....11 54
12 38

ИЗ ИСТОРИИ РАДИО

К 125-летию радиосвязи на Российском Военно-морском флоте. Летопись
Гогландской эпопеи: зимняя одиссея А. С. Попова и П. Н. Рыбкина на рубеже веков. **Е. Рыбкина** 3 18
Тайна безвестного дневника. **В. Комин** 4 43
5 42
130 лет радио. **Е. Рыбкина**....5 45
Нижний Новгород — колыбель советской радиоламповой промышленности. **В. Тюрин** 7 43
Из истории отечественного телевидения. **А. Чечнев** 10 48
11 51
12 30

НАУКА И ТЕХНИКА

ПЛИС как начало. **А. Голышко** 1 5
Нейроморфные вычисления. **А. Голышко**...2 4
Электронные компьютеры: ключевой этап. **А. Голышко**....3 4
CES 2025 ещё способна удивлять. **А. Голышко**....4 4
Международный мобильный конгресс MWC 2025. **А. Голышко**....5 4
На "птичьем" рынке. **А. Голышко** 6 4
Войны будущего. **А. Голышко**....7 4
"Голубая птица" распускает антенны. **А. Голышко**....8 4
Угрозы микроэлектронике. **А. Голышко**....9 4
Улучшая 5G. **А. Голышко**....10 4
О влиянии на организм человека продолжительных доз СВЧ-излучения небольшой мощности (по материалам зарубежной прессы). **Я. Благушин** ....10 8, 2-я с. обл.
11 8
Что в голове? **А. Голышко**....11 4
О вкусной и здоровой "пище". **А. Голышко**....12 4

ВЫСТАВКИ

CES 2025 ещё способна удивлять. **А. Голышко**....4 4
Международный мобильный конгресс MWC 2025. **А. Голышко**....5 4
Связь. 37-я международная выставка "Информационные и коммуникационные технологии". Экспозиция "Навитех" — "Навигационные системы, технологии и услуги ....6 2-я с. обл.

РАДИОПРИЁМ

Новости вещания. **В. Шептухин**....1 8
см. также 2—21, 3—7, 4—7, 5—8, 6—8, 7—8, 8—22, 9—16, 10—11, 11—11, 12—17
Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 3. Высокочастотные диоды. **Х. Лохни** 1 10
Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 4. Микросхемы К174ХА6. **Х. Лохни** 2 8
Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 5. Микросхемы серии К174ПС1 и их аналоги. **Х. Лохни** 3 9
Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 5. Микросхемы серии К174ПС1 и их аналоги. **Х. Лохни** 4 10
Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 6. Микросхема К174ХА2. **Х. Лохни**....5 10

Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 6 (окончание).
Микросхема К174ХА2. **Х. Лохни** 6 10
Приёмник звукового сопровождения для мультиплексов 1 и 2.
Ю. Рукавишников 7 10
Новый УВЧ-УПЧ для приёмников "Океан-209" и Selena **Х. Лохни** 8 8
9 8
10 13
11 14
12 8
Встраиваемый УКВ-модуль Radiofix A. **М. Ткачук** 9 18

ЗВУКОТЕХНИКА

Двухканальный предварительный усилитель-формирователь на основе двух ИУ AD623 и сдвоенного ОУ OPA2335 для УМЗЧ на мощных ОУ, включённых в мостовом режиме работы.
А. Кузьминов 2 32
Опять — двадцать пять... АС-109.
Д. Панкратьев 3 28
Режекторный фильтр. **Н. Шиянов** 3 33
"Замена блока управления в проигрывателе "Эстония ЭП-010С".
А. Гетте 8 27
Новая жизнь магнитолы. **В. Пышнов** 11 24
Ремонт усилителя Pioneer A-602R. Замена переключателя входов.
И. Гаврилов 12 19

Дополнения к статьям

Шумилов А. Вариант маломощного усилителя для головных телефонов ("Радио", 2024, № 9, с. 40—43). Печатная плата 1 46

ИЗМЕРЕНИЯ

Бесконтактный щуп векторного анализатора цепей для проверки LC-контуров и катушек индуктивности.
И. Нечаев 1 25
Доработки настольного вольтметра 4½ разряда. **С. Бирюков** 1 29
О генераторе на модуле AD9833.
А. Грезнев 1 32
Высокоомный активный щуп для векторного анализатора цепей, и не только... **И. Нечаев** 2 23
Прибор для измерения напряжения высоковольтных стабилитронов и светодиодных модулей. **Г. Басов** 2 26
Делитель частоты диапазона 25...1000 МГц. **А. Вишневский** 4 42
О расширении возможностей генератора на модуле AD9833.
А. Грезнев 5 27
Приставка к цифровому мультиметру для измерения магнитной индукции.
А. Гаврилов 6 25
Ремонт мультитестера ТС1.
Ю. Булычев 6 27
Приставка к VGA-монитору для наблюдения АЧХ ВЧ-цепей.
В. Попов, В. Денисов 7 12
Стенд для проверки высоковольтных радиоэлементов. **И. Нечаев** 9 34
Вольтметр действующего и средневыпрямленного значений напряжения в звуковом диапазоне частот с цветным дисплеем и батарейным питанием.
А. Кузьминов 9 36
10 24
11 28

Дополнения к статьям

Бирюков С. Доработки настольного вольтметра 4½ разряда ("Радио", 2025, № 1, с. 29—31). Ошибка на плате (рис. 2) 8 43
Озолин М. Цифровой измеритель ёмкости и внутреннего сопротивления аккумуляторов ("Радио", 2012, № 3, с. 21). О программировании защитных битов 1 46

КОМПЬЮТЕРЫ

Реализация табличной машины состояний на языке С++. **С. Суров** 2 44
КРИСС — серверная версия.
И. Решетников 2 46
Кроссплатформенная программа для проверки и тестирования COM-портов. **С. Суров** 4 39

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

Трансформаторный драйвер MOSFET/IGBT для больших коэффициентов заполнения периода импульсом и широкого диапазона частот. **А. Юдин** 1 35
Буквы русского алфавита на семисегментном индикаторе.
В. Рубашка 7 29
Сжатые спиральные антенны — новый путь реализации упрощённых конструкций. **В. Милкин, А. Шульженко, А. Гурин** 9 29
Конвертер токовой петли 0/4—20 мА для Pt-100. Д. **Панкратьев** 9 31
Микросхема серии 74AC — драйвер для мощных ключевых МОП-транзисторов. **Д. Панкратьев** 12 24

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Станок для обмотки жгутов изоляционным материалом. **В. Хохлов** 4 30

Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Самодельные конденсаторы переменной ёмкости. **С. Долганов** 7 32
Устройство питания и управления малогабаритной электродрелью. **А. Вишневский** 8 28
9 25

РЕМОНТ

Опыт ремонта ЖК-телевизора Supra STV-LC2715F. **И. Подушкин** 1 33
Ремонт сетевого шнура утюга SCARLETT SC-339S. **А. Шумилов** 3 23
Импровизированная аккумуляторная батарея для ноутбука Pixus Rize 4/64. **И. Андрианов** 3 26
Ещё раз о ремонте светодиодных ламп. **А. Паньшин** 5 41
Ремонт мультитестера TC1. **Ю. Булычев** 6 27
Ремонт шарнира панели дисплея ноутбука Asus Eee PC4G. **И. Андрианов** 7 40
"Ремонт" аккумуляторной батареи гайковёрта. **С. Бирюков** 7 41
Необычный способ ремонта тонометра OMRON MX2 Basic. **А. Шумилов** 11 53
Ремонт разъёма блока питания ноутбука Asus Eee PC4G. **И. Андрианов** 11 54

Дополнения к статьям

Подушкин И. Опыт ремонта ЖК-телевизора Samsung UE42F5000AK ("Радио", 2024, № 11, с. 25—27). Ошибка на схеме рис. 3 ....8 43

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Блок гарантированного питания систем домашней автоматики. **В. Кравцов** 1 39
Термометр-гигрометр-барометр для сауны. **А. Гетте** 2 37
Устройство бережного пуска электроинструмента. **А. Васильев** 2 40
Полный апгрейд часов "Электроника-7". **В. Рубашка** 3 42
Опыты с "холодным неоном". **Д. Мамичев** 4 20
Устройство защиты от перенапряжения с "жёстким" ограничением амплитуды. **А. Васильев** 4 22
Световой эффект для часов "Механическая шестерёнка". **В. Рубашка** 4 27
Станок для обмотки жгутов изоляционным материалом. **В. Хохлов** 4 30
Инвертор "холодного неона" в импровизированном стенде для проверки и ремонта светодиодных ламп. **И. Нечаев** 4 34
Устройство для принудительной остановки микродвигателя внутреннего сгорания радиоуправляемой модели. **О. Ильин** 4 36
Многоканальное реле времени. **С. Свечихин** 5 34
GPS-часы. **М. Антонов** 5 37
"Устройство защиты от перенапряжения с "жёстким" ограничением амплитуды". **А. Васильев** 5 40
Модернизация "домашнего доктора". **А. Дымов** 6 32
Простой счётчик моточасов для бензогенератора. **В. Рубашка** 6 38
Сигнализатор обратной тяги для проточного газового водонагревателя. **М. Кожанов** 6 40
Суточный таймер. **Л. Нефедьева, Ю. Рябчук** 7 46
Устройство защиты от перенапряжения с "жёстким" ограничением амплитуды. Часть 2. Оптимизация релейной защиты. **А. Васильев** 8 32
9 44
Часы с метеостанцией на основе дисплея покупателя от кассового аппарата. **В. Ватрушин** 8 35
Резервирование питания дистанционного извещателя температуры. **С. Бирюков** 8 40
Часы со стрелочным циферблатом на TFT-дисплее. **С. Свечихин** 9 41
Доработка ретрочасов на микросхемах серии К155. **С. Рычихин** 10 28
Таймер задержки включения холодильника ... и не только. **И. Нечаев** 10 34
Декоративная подсветка кварцевых стрелочных часов. **В. Рубашка** 11 44
Цифровые часы—метеостанция с сенсорным управлением—2. **В. Киба** 11 48
Драйвер шины 1-Wire с гальванической развязкой. **В. Рубашка** 12 42
Селектор-формирователь импульсов заданной длительности для системы дистанционного управления моделями—2. **О. Ильин** 12 44

Дополнения к статьям

Мельников А. Импульсный металлоискатель ("Радио", 2020, № 5, с. 49—51). Уточнения по статье 1 46
Шумилов А. Повышение надёжности "вечной" лампы ("Радио", 2024, № 5, с. 42, 43). Ошибка в тексте на с. 42 ....1 46
Юсупов И. Говорящий датчик движения ("Радио", 2024, № 1, с. 57—59). Печатная плата 1 46

ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ

Модуль отключения зарядного устройства для автомобильной аккумуляторной батареи. **С. Шишкин** 12 47

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Релейно-трансформаторный стабилизатор переменного напряжения. **С. Бирюков** 2 28
Импровизированная аккумуляторная батарея для ноутбука Pixus Rize 4/64. **И. Андрианов** 3 26
Мощный цифровой регулируемый тиристорный блок питания. **С. Мироненко** 3 38
Синхронный выпрямитель. **В. Калашник** 4 18
Импульсный регулятор переменного напряжения. **А. Наумов** 5 25
Питание нагрузки от внешнего аккумулятора. **М. Марков** 7 24
Регулируемый стабилизатор напряжения. **В. Калашник** 7 26
Эквивалент аккумулятора. **И. Нечаев** 7 28
Стабилизированный двухполярный блок питания 1,25...25 В, 2,5 А. **С. Семихатский** 8 23
9 21
Полумостовой ИИП с резонансной коммутацией ключей и ШИ-регулированием. **А. Юдин** 10 37
11 34
12 38
Блок питания с фазовым регулятором. **А. Дымов** 10 41
11 39
Источник питания маломощной нагрузки на основе ионистора и солнечной батареи. **А. Мамонтов** 10 45

Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Опыт разработки регулируемого стабилизатора тока + электронной нагрузки. **С. Семихатский** 12 34
Модуль отключения зарядного устройства для автомобильной аккумуляторной батареи. **С. Шишкин** 12 47

Дополнения к статьям

Бирюков С. Релейно-трансформаторный стабилизатор переменного напряжения ("Радио", 2025, № 2, с. 28—32). Ошибка в тексте 8 43
Киба В. Универсальный лабораторный блок питания ("Радио", 2024, № 6, с. 27—39). Ошибка на плате рис. 25 .....1 46
Кравцов В. Приставка к блоку питания для зарядки батареи свинцовых аккумуляторов ("Радио", 2023, № 5, с. 29—31). Ошибка на схеме рис. 1.....1 46
Наумов А. Импульсный регулятор переменного напряжения ("Радио", 2025, № 5, с. 25—27). Печатные платы.....8 43

"РАДИО" — О СВЯЗИ (ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ)

Радиопутешественники Крыма. **Л. Пузанков**.....2 49, 2-я с. обл.
Юбилейная радиоэкспедиция "Говорит Ленинград!" **Е. Рыбкина**.....3 48, 2-я с. обл.
Из истории создания системы радиолюбительской связи на орбитальных станциях. **С. Самбуров**.....4 1, 45, 2-я с. обл.
Радиоэкспедиция в Бенин. **А. Безменов**.....5 47, 3-я с. обл.
6 45
7 53
8 50
9 54
10 53
Похоронное бюро, в котором производились микрофоны: компания Turner. Невероятная история Дэвида Тернера. **Л. Клэри** 6 48
Памяти UA3AR. **М. Каверин** 6 50
Молодёжная коллективная радиостанция RK9CYA — в Мемориале "Победа-80". **С. Култышева** 7 55
Коллективная радиостанция RA9MF — в Мемориале "Победа-80". **А. Щербина** .....8 1, 47, 2-я с. обл.
Княжий автомобильный крестный ход. **Б. Шикло** .....11 55, 2-я с. обл.

* * *

Итоги Russian "RADIO" WW RTTY Contest 2024 .....1 1, 43, 2-я с. обл.
Молодёжный кубок им. А. С. Попова — 2024 год 3 45
Мемориал "Память" — 2024 .....4 49
"Старый Новый год 2025" — итоги.....5 50, 2-я с. обл.
Мемориал А. С. Попова 2025 — итоги.....7 1, 49, 2-я с. обл.
YL-OM CONTEST 2025 — итоги.....8 45

* * *

CW QRPP передатчик диапазона 144 МГц. **В. Беседин** 2 51
Радиолюбительское ТВ-вещание через геостационарный спутник. **А. Астапов** 4 51
КВ-усилитель DX-1500 мощностью 1,5 кВт. **В. Федорченко** .....9 49, 2-я с. обл.

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ (ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ)

История создания детских внешкольных организаций в Крыму. **Л. Пузанков**.....10 55

* * *

Индикатор двоичного кода в шестнадцатеричном и десятичном форматах. **В. Рубашка**.....1 53
Модуль на микросхеме TP4056 заряжает разные аккумуляторы. **И. Нечаев** 1 60
Таймер для электронно-механического пугала. **П. Алёшин** 2 53
Тестер GM328A и его доработки. **И. Нечаев** 2 55
Индикатор уровня воды в резервуаре. **Д. Зарипов** 3 55
Вспомним об однопереходном транзисторе. **И. Нечаев** 3 58
Небольшие доработки осциллографа Fnirsi-1014D. **И. Нечаев**.....4 55
Пульт-игрушка на основе неисправного ПДУ. **А. Шумилов** 5 53
Многочастотный генератор импульсов. **В. Рубашка** 5 56
Аккумулятор в тестере GM328A **И. Нечаев** 5 58
"Неоновая нить" в праздничных и новогодних украшениях. **И. Нечаев**.....6 51
Вариант низковольтной сирены — имитатора звука. **А. Шумилов** 6 56
Акустический выключатель подсветки дисплея городского телефона. **С. Семихатский** 7 61
Преобразователь сигналов с гальванической развязкой для Arduino Pro mini. **В. Рубашка**.....8 53
Питание маломощной или нерегулярной нагрузки от Power Bank. **И. Нечаев** 8 60
Простой ультразвуковой локатор для незрячих. **Д. Лекомцев, С. Степин**.....9 58
Li-Ion-аккумулятор в батарейной кассете светодиодного фонаря. **И. Нечаев**.....9 61
Искатель скрытой проводки на основе смартфона. **И. Нечаев** 10 60
Простые зарядные устройства на основе индикатора напряжения. **И. Нечаев** 11 57
Светодиодная гибкая нить в праздничных и новогодних украшениях. **И. Нечаев** 12 51

* * *

Электронная фоторамка на основе модуля e-paper 4.2". **Д. Мамичев** 1 56
Имитатор пламени на светодиодах WS2812B. **Д. Мамичев**.....2 60
Игра "Шарики в колбах" на модуле RP2040 и сенсорном дисплее. **Д. Мамичев**.....4 59
Декоративное светодиодное освещение. **Д. Мамичев**.....5 60
Аналоговые часы-ночник на светодиодных модулях WS2812B. **Д. Мамичев**.....6 60
Самодельный семисегментный RGB-индикатор. **Д. Мамичев**.....7 57
Дополнительный индикатор для часов VST-888H и их доработка. **Д. Мамичев**.....8 55
Самодельный семисегментный RGB-индикатор — 2. **Д. Мамичев** 9 55

Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Игра "Шарики в колбах" на модуле Arduino Pro mini 168 и светодиодной ленте WS2812B. **Д. Мамичев** 10 58
Модернизация ёлки-гирлянды на светодиодах WS2812B. **Д. Мамичев**.....11 60, 3-я с. обл.
Игрушка-жезл "Узоры" на матрице 16×16 светодиодов WS2812B. **Д. Мамичев**.....12 54

* * *

Викторина "Платы расширения Keyestudio". **Р. Сергеенко** 1 63
Ответы на викторину "Платы расширения Keyestudio". **Р. Сергеенко** 2 62
Викторина "Платы расширения SparkFun". **Р. Сергеенко**.....3 63
Ответы на викторину "Платы расширения SparkFun". **Р. Сергеенко** 4 62
Викторина "Платы расширения Adafruit". **Р. Сергеенко** 5 63
Ответы на викторину "Платы расширения Adafruit". **Р. Сергеенко** 6 62
Викторина "Платы расширения DFRobot". **Р. Сергеенко**.....7 63
Ответы на викторину "Платы расширения DFRobot". **Р. Сергеенко**.....8 62
Викторина "Платы расширения Olimex". **Р. Сергеенко** 9 63
Ответы на викторину "Платы расширения Olimex". **Р. Сергеенко**.....10 62
Викторина "Платы расширения Seeed Studio". **Р. Сергеенко** 11 63
Ответы на викторину "Платы расширения Seeed Studio". **Р. Сергеенко** 12 57

Дополнения к статьям

Сергеенко Р. Викторина "Платы расширения Keyestudio" ("Радио", 2025, № 1, с. 63, 64). Ошибка в п. 6 таблицы.....8 44
Юсупов И. Говорящий датчик движения ("Радио", 2024, № 1, с. 57—59). Печатная плата 1 46

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Андрущенко А. С., Борисова А. В., Елисеев В. Л., Жиляев А. Е., Иванов О. А., Кармазиков Ю. В., Козлов С. К., Криштоп В. Г., Курнакова А. Д., Моисеевский А. Д., Попов В. Г., Рыбкин А. С. Прикладные квантовые технологии для защиты информации / А. С. Андрущенко, А. В. Борисова, В. Л. Елисеев и др. Под ред. А. Г. Втюриной и В. Л. Елисеева. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024.....12 42
Анненков В. И., Моисеев В. Ф., Новиков В. К. Информация — ключ к победе в современной войне. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024.....9 20
Бакулин М. Г., Бен Режеб Т. Б. К., Крейнделин В. Б., Миронов Ю. Б., Панкратов Д. Ю., Смирнов А. Э. Мобильная связь на пороге 6G / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В. Б. Крейнделина. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024 .....6 25
Витязев В. В., Волченков В. А., Овчинников А. А., Лихобабин Е. А. Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие для вузов / В. В. Витязев, В. А. Волченков, А. А. Овчинников и др. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024.....11 13
Воробейчиков Л. А., Загвоздкина А. В., Шакин В. Н. Алгоритмизация и программирование. Учебник для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023.....12 19
Ворона В. А. Радиолокационная разведка. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024.....1 9
Ворона В. А. Видеонаблюдение. Возможности, обнаружение, подавление. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024.....4 41
Гаврилов К. Ю., Каменский И. В., Кирдяшкин В. В. Цифровая обработка изображений в Matlab. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025.....9 17
Гендин Г. С. Всё о радиолампах. — 2-е изд., испр. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024.....1 28
Дементьев А. Н., Захаркин С. В., Иванов В. А. Сигналы и каналы связи. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024.....2 7
Дмитриев В. Т. Системы коммутации автоматических телефонных станций. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 .....2 26
Кубанов В. П., Ружников В. А., Сподобаев М. Ю., Сподобаев Ю. М. Практикум по антеннам и распространению радиоволн. Учебное пособие для вузов / В. П. Кубанов, В. А. Ружников, М. Ю. Сподобаев. Под ред. В. П. Кубанова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024 .....5 36
Лихачев Н. И., Семенов А. Б., Шишова Н. А. Техническая эксплуатация волоконно-оптических линий передачи информации. Учебник для вузов / Н. И. Лихачев, А. Б. Семенов, Н. А. Шишова/Под ред. А. Б. Семенова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024.....11 43
Мишенков С. Л., Попов О. Б., Чернышева Т. В., Миллер К. Э. Электроакустика и звуковое вещание. Учебное пособие для вузов / С. Л. Мишенков, О. Б. Попов, Т. В. Чернышева и др. Под ред. д-ра техн. наук, проф. С. Л. Мишенкова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025.....10 12
Пескин А. Е., Кожин М. А. Цифровое телевидение в вашем доме. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025 .....6 7, 7 47
Пестряков А. В., Константинов А. С. Тестирование радиооборудования телекоммуникационных систем. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025 .....12 7
Соловьев В. В. Проектирование конечных автоматов. Теория и практика. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024.....8 7

Редакторы: ***И. Нечаев*** ("Выставки", "Звукотехника", "Из истории радио", "Измерения", "Источники питания", "Наука и техника", "Наша консультация", "Прикладная электроника", "Радио" — о связи", "Радиоприём", "Радиолюбителю-конструктору", "Ремонт"), ***Н. Нечаева*** ("Прикладная электроника", "Радио" — начинающим"), ***В. Чуднов*** ("Звукотехника", "Из истории радио", "Измерения", "Источники питания", "Компьютеры", "Наука и техника", "Прикладная электроника", "Радиолюбителю-конструктору", "Радиолюбительская технология", "Радиоприём", "Радио" — о связи", "Ремонт", "Электроника за рулём").

В оформлении журнала участвовали ***Е. Герасимова***, ***В. Мусияка***.

Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ЖУРНАЛ РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140,
р/с 40703810538090108833 в ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770201001

Цена одного номера журнала 2026 г. (с 1-го по 6-й номер) при покупке в редакции — 550 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 4080 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 7200 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 4200 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	150 руб.	250 руб.	800 руб.
2022	1—9, 11—12	200 руб.	300 руб.	800 руб.
2023	3—4, 7—10, 12	420 руб.	520 руб.	800 руб.
2024	1, 3, 5—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	1—12	520 руб.	640 руб.	1000 руб.
2026	1—6	550 руб.	680 руб.	1200 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. Наложенным платежом редакция журналы не высылает!

Подписные индексы журнала по каталогам: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032

Подписка на ПОЧТЕ РОССИИ

Подписка через КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ

Журнал "Радио" в интернет-магазине OZON

Январь

Пн		5	12	19	26
Вт		6	13	20	27
Ср		7	14	21	28
Чт	1	8	15	22	29
Пт	2	9	16	23	30
Сб	3	10	17	24	31
Вс	4	11	18	25	

Февраль

	2	9	16	23
	3	10	17	24
	4	11	18	25
	5	12	19	26
	6	13	20	27
	7	14	21	28
1	8	15	22	

Март

	2	9	16	23	30
	3	10	17	24	31
	4	11	18	25	
	5	12	19	26	
	6	13	20	27	
	7	14	21	28	
1	8	15	22	29	

Апрель

Пн		6	13	20	27
Вт		7	14	21	28
Ср	1	8	15	22	29
Чт	2	9	16	23	30
Пт	3	10	17	24	
Сб	4	11	18	25	
Вс	5	12	19	26	

Май

	4	11	18	25
	5	12	19	26
	6	13	20	27
	7	14	21	28
1	8	15	22	29
2	9	16	23	30
3	10	17	24	31

Июнь

1	8	15	22	29
2	9	16	23	30
3	10	17	24	
4	11	18	25	
5	12	19	26	
6	13	20	27	
7	14	21	28	

2026

АНО "Редакция журнала "Радио"
www.radio.ru mail@radio.ru

Июль

Пн		6	13	20	27
Вт		7	14	21	28
Ср	1	8	15	22	29
Чт	2	9	16	23	30
Пт	3	10	17	24	31
Сб	4	11	18	25	
Вс	5	12	19	26	

Август

	3	10	17	24	31
	4	11	18	25	
	5	12	19	26	
	6	13	20	27	
	7	14	21	28	
1	8	15	22	29	
2	9	16	23	30	

Сентябрь

	7	14	21	28
1	8	15	22	29
2	9	16	23	30
3	10	17	24	
4	11	18	25	
5	12	19	26	
6	13	20	27	

Октябрь

Пн		5	12	19	26
Вт		6	13	20	27
Ср		7	14	21	28
Чт	1	8	15	22	29
Пт	2	9	16	23	30
Сб	3	10	17	24	31
Вс	4	11	18	25	

Ноябрь

	2	9	16	23	30
	3	10	17	24	
	4	11	18	25	
	5	12	19	26	
	6	13	20	27	
	7	14	21	28	
1	8	15	22	29	

Декабрь

	7	14	21	28
1	8	15	22	29
2	9	16	23	30
3	10	17	24	31
4	11	18	25	
5	12	19	26	
6	13	20	27	